

Tesis de Posgrado

Trefilación de alambre de cobre

Gurovich, Rafael

1955

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Gurovich, Rafael. (1955). Trefilación de alambre de cobre. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0861_Gurovich.pdf

Cita tipo Chicago:

Gurovich, Rafael. "Trefilación de alambre de cobre". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1955.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0861_Gurovich.pdf

Expediente n° 1100, 51.

Buenos Aires, 10 de Octubre 1955.-

Presentada en fecha.-

JUAN CARLOS S. RODRIGUEZ
JEFE DE SECRETARIA

Buenos Aires, 20 de Octubre de 1955.-

Pase a la Comisión Examinadora Grupo VI, para que tenga bien considerar la tesis presentada por el ex-graduado de la carrera del Doctorado en Química, señor Rafael Garovick.-

LIC. ARISTIDES J. E. ROMERO
SECRETARIO

ING. JOSE BABINI
DELEGADO INTERVENTOR

Buenos Aires, Octubre 19 de 1955.

En la fecha la Comisión Examinadora respectiva prosigue a considerar la presente tesis resolviendo aceptarla.-

TESIS: 861

MINISTERIO DE EDUCACION
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

REFILACION

DE

ALAMBRE DE COBRE

Tesis del alumno del Doctorado en Química
Rafael Gurovich

Padrino de Tesis: Ingeniero J. Bados

TESIS: 861

H I S T O R I A

Se lee en la biblia; - " ella trabajaba el oro y lo tejía en sutilísima banda que enlazaba como ornamento sobre seda amarilla ".- Esta es la primera manifestación documentada que se conoció del proceso que nos ocupa, mezcla en ese entonces de arte y artesanía pues el único proceso conocido era el de "MARTILLEO".-

Las primeras noticias que se tienen, son de producción de alambres no ferrosos y está comprobado que la manufactura de alambres de acero y hierro, solo se ha introducido en la industria hace unas pocas centurias.-

Los antiguos eran expertos en el arte de fabricar alambres de oro, plata, cobre y bronce para propósitos ornamentales, como lo muestran los datos arqueológicos.- Los filamentos de oro hallados alcanzaban a 0,25 mm de diámetro.

Los primeros datos del año 4.600 a.c. se refieren a alambres confeccionados probablemente a golpes de martillo; sin embargo ,4.000 años antes de cristo los egipcios ya habían descubierto como trafilar alambres a través de matrices de madera dura.- Para la misma época, los chinos ya utilizaban como matrices, agujeros en piedras.- La producción en escala comercial, puede registrarse en Europa alrededor de la centuria catorce, desarrollándose primeramente en Alemania(Westfalia) con la aplicación del molino hidráulico.-

En Inglaterra comenzó la fabricación, a principios del siglo XV con los conocimientos ya adquiridos en el continente.- Toda la industria permanece sin mayores desarrollos por largos años.-

Luego de permanecer así estática, recibe un tremendo impulso en virtud de los grandes adelantos de la industria eléctrica durante el siglo 19.- Nace así una gran demanda de alambres de cobre que al facilitar la transmisión de potencia, dieron cauce a la fabricación de los alambres de acero y hierro.-

Otros historiadores señalan entre los siglos 1º y 4º un florecimiento del arte de trefilar alambre para el tejido de ma -

llas metálicas, con métodos detallados, que parte de hierro "purísimo" "sin inclusiones", laminado por medio de forja de bajo calor, para obtener unas barras de dimensiones transversales lo más pequeñas posible.- Luego, se raspaba manualmente la capa de óxido y comenzaba el tironeo a mano de la barra a través de hileras fijadas en maderas en el suelo con recocido esporádico según las necesidades, pero siempre raspando la capa de óxido con piedras duras.- Debemos señalar que el recocido se hacía directamente al aire sobre carbones o leños, sin horno, ni medio de evitar oxidaciones.-

El esfuerzo enorme que este trabajo requería, alentó prontamente el ingenio, hacia la adopción de dispositivos mecánicos, el primero de los cuales se tuvo información, fué un columpio sobre el cual se sentaba el artesano, con lo que pudo ejercer una mayor tracción sobre el hilo con menor fatiga.- Pese a lo imperfecto del producto elaborado, por la frecuencia de la mordedura de la tijera o pinza de tracción en el alambre recién trafilado, este proceso con no muy importantes modificaciones, se encuentra en regiones nórdicas de Europa y Rusia en el siglo XVIII.-

Contemporaneamente y ante la facilidad de trafilar hilos de menor diámetro, surge el proceso de madeja o bobina que podemos señalar como prototipo del actual.- Consta esquemáticamente, de dos bobinas verticales sobre una mesa y entre ellas un portatrafila.- Una de las bobinas, la que tiene el alambre más delgado, se maneja con una manivela de tal manera, que al hacerla girar enrollando el hilo en una se desenrolla en la bobina del hilo mas grueso, debiendo pasar por la matriz o hilera.

En los primeros años del siglo XIV se aplica la fuerza hidráulica para trefilar, pero siempre manteniendo la tracción intermitente del sistema "Columpio".- Al mismo tiempo sufren una mejora los procesos de laminación, ya que se obtienen barras de 3 m. de largo por 26mm de ancho y 7 mm de alto, que se cortan longitudinalmente con formón a mano y se logran dos o tres barritas de tres metros que se trefilan como estamos indicando.- En el siglo XVI el formón es substituído por corte mecánico.-

En la mitad del siglo XVII los adelantos de la metalurgia permiten el logro de aceros dulces que dan mejor campo al trefilador pués el desconocimiento de lubricantes hacía imposible el uso de los aceros o hierros duros para la fabricación de alambres.-

En 1675 un libro, "Carme Tedesco" de Rumpe Altonese, señala la casualidad del descubrimiento de las funciones lubricantes, cuando Johan Gerdes, irritado por el fracaso de sus intentos de trefilar acero duro, tiró el alambre, cayó este sobre orina, y cuando rato después quiso volver a trefilar, logró su intento, pués la orina había formado sobre el hilo un estrato lubricante.

C.J.B. Karsten dice en su "Manual de Siderugia" (1820) " El procedimiento de preparación del hilo según el cual el hierro es primero estirado todo lo posible a golpes de martillo, luego trefilado a un hilo grueso por el sistema intermitente, y por último llevado a dimensiones inferiores con trefilas a bobinas, es muy imperfecto por cuanto el hilo resulta poco regular y no puede evitarse una notable pérdida de material aunque se recurra a recocer frecuentemente el hilo redondo.- Por el contrario es más simple no trefilar más el hilo con tirones sucesivos de tenaza, sino obtener el hilo más grueso con pequeñas laminadoras y convertirlo en más fino con bobinas ".-

En estos conceptos y directivas está contenida toda la trefilación de los siglos XIX y XX.-

Desde ese entonces la materia prima exclusiva de la trefilación fué la barra que entregaron los laminadores.- El banco intermitente es sustituido por un banco accionado hidráulicamente y teniendo con respecto al banco de bobinas, mayor solidéz, tambores de mayor diámetro y menor número de tiros.- Allí se reducían el diámetro de las barritas hasta 3,5 mm.- La trefilación posterior tenía lugar sobre bancos medios con tambores más pequeños y mayor velocidad.- El producto de esta segunda operación era hilo de 2 mm de \emptyset que correspondía a lo botenido anteriormente con los pequeños bancos intermitentes.- Por debajo de 2 mm el hilo era reducido a bancos menores que en sustancia correspondían a los ya descriptos pero

con tambores cada vez más livianos y rápidos.-

El desarrollo más reciente, es la trefilación múltiple en la cual el hilo recorre sucesivamente varias trefilas para ser arrollado a la salida del último, construido ya en 1880.-

En 1870 se prueba en Inglaterra, con inmediata adopción en todo el mundo, un proceso térmico de tratamiento previo del alambre especial patentado.-

Técnica del trefilado en los Comienzos del siglo XIX.-

Se trefilaba por el método del agujero simple, único.- La matriz se construía en un plato de acero, horadando con un punzón; controlándose la exactitud del orificio con punzones maestros que eran posesión de los fabricantes de alambre.- La potencia se tomaba de un árbol común a todas las máquinas y se trefilaban algunos metros de alambre, siendo necesario luego, controlar el tamaño del orificio, para lo cual se lo golpeaba y luego punzonaba.-

Se debían así usar una serie de placas, para llevar el alambre al tamaño deseado.- En condiciones tan precarias, solo era posible una pequeña producción, y el producto resultante tenía muchas fallas en la superficie y de acuerdo a las normas actuales las tolerancias de diámetro eran grandes.- El Método era lento y costoso.-

Hacia 1900 se introducen las trefilas múltiples.- Estas máquinas trabajando a velocidades definidas de más de 250 pies por minuto, producen alambres terminados en una sola operación.- Este desarrollo trajo aparejados muchos cambios.- Uno de ellos fué el uso de platos de hierro colado enfriado, o matriz, que podían ser recondicionados en un tamaño con ayuda de escariadores de acero en lugar del método antiguo del martillo y punzón; otro fué el hecho de que por el frotamiento y las sucesivas reducciones se desarrollaba una alta temperatura de modo que fué necesario el lubricante como enfriador.-

Las primeras máquinas de trefilar en tandem con campanas duraron cerca de 20 años y al acabar la centuria el único progreso anotado fué un aumento en la velocidad de trabajo que fué de 350 pies por minuto.-

Las trefiladoras a cono se conocen hacia 1920 y lle-

varon la velocidad a 750 pies por minuto.-

Evolución de los métodos modernos.

El notable aumento de velocidad debe atribuirse a la introducción de las matrices de carburo de tungsteno , y se tratará luego.-

Este descubrimiento de la metalurgia, al principio lentamente adoptado, cambió radicalmente los métodos y las máquinas, y dió al producto final un acabado y propiedades no logradas hasta ese momento.-

En el período 1920-1930 se señala un aumento constante en la velocidad de trabajo, limitado por el diseño de las máquinas. Solo hacia 1930 varias firmas manufactureras de máquinas para trefilar, fabricaron una combinación del tandem y del tipo cono, que llevó la velocidad a 2000 pies por minuto.-

El paso posterior ha sido la construcción de máquinas tandem con 5 a 7 matrices en que cada una, con un arbol flotante puede trabajar independientemente tomando la potencia de un solo arbol y obteniéndose una perfecta sincronización.-

Este tipo de máquina de no deslizamiento, originariamente de importancia primordial para la manufactura de alambres de acero, tiene también ahora importancia para alambres no ferrosos.-

Conjuntamente con el aumento de vida de la matriz, y el aumento de la velocidad de trabajo, es también deseable que se obtenga un trefilado continuo por soldadura de los alambres entre sí.- Generalmente, la soldadura a tope es el método standard a aplicar.

El trefilado continuo por los grandes tonelajes de alambre producidas en la operación, han hecho necesario contar con un carter central de lubricante para asegurarse que no circule muy caliente y mantener el alambre trefilado lo más frío posible.- En un principio el alambre se obtenía en forma de rollos o madejas; hoy las máquinas tienden a suministrarlo directamente en carreteles o cilindros.-

Todos los factores mencionados han conducido a máquinas y técnicas totalmente nuevas.-

Daremos especial atención al problema de la tre-

6

fila pues consideramos que si el equipo de trefilación es sencillo, su "corazón" por así decirlo, la trefila, de carburo de tungsteno o diamante según el caso, trae con su incorporación a la máquina, múltiples complejos - algunos aún no satisfactoriamente resueltos -, inconvenientes estos que exigen cierta extensión en el presente estudio.-

Producto acabado:

Según el campo de aplicación, el hilo de cobre es obtenido con características diversas en tenacidad y dureza.-

Cuando el alambre debe ser destinado a operaciones en las cuales sufre frecuentes torceduras o curvaturas (Fabricación de conductores, cables, etc.), debe ser sometido a recocido para lograr la necesaria flexibilidad, obteniéndose lo que en el mercado se conoce por alambre de cobre "blando".-

Al efectuar una reducción muy elevada después de la laminación en caliente o de un recocido, se aumenta en las propiedades finales del alambre, la resistencia a la tracción y la dureza del alambre mismo.-

Para clavos de cobre es necesario el alambre duro para que no se doble al martillarlos y debe además soportar el golpe del martillo en la cabeza.-

El alambre es entregado a la industria generalmente en forma de secciones redondas para su utilización o elaboración ulterior, pero no obstante es frecuente ver alambres de cobre rectangulares y aún trapezoidales de uso en colectores, transformadores, escobillas de dínamo, etc., así como también secciones de forma triangular para aplicar a cables de uso especial con muchos cabos.-

Muchísimos, por no decir casi todos los clavos, tipos de grampas y algunos perfiles comunes de hierro, se aplican de cobre a industrias como la de construcción naval, por su mayor resistencia a las condiciones atmosféricas, en lo que respecta a oxidación, etc. Por lo tanto, no es raro ver pedidos de alambres para su aplicación a esta industria de las más variadas formas.

Según el uso del lubricante y tipo utilizado, varía el aspecto superficial del alambre trefilado.- Aquellos obtenidos con lubricantes se conocen con el nombre de "brillante", y los obtenidos con jabones o cualquier otra solución grasosa "brillante cla-

ro" ;si el alambre es recocido y no se toman especiales precauciones sobre el ambiente de la campana del horno, se obtiene "recocido al azul o al negro", pero si el recocido se hace en ambiente neutro reductor o al vacio, se evita la formación de óxido sobre el alambre y se llamará " recocido en blanco".- Para su aislación se crearon infinidad de coberturas desde esmaltes, cauchos, plásticos, hasta seda, rayón, etc., hilado, trenzado o tejido sobre él.- También es frecuente la aplicación de estaño con el objeto de facilitar futuras soldaduras y proteger el cobre contra la acción del azufre en el caso de aislamientos con caucho(azufre proveniente de la vulcanización).-

El alambre de sección redonda que es exclusivamente al que desde ahora nos referiremos, puede ser determinado con la medida de su diámetro. Para una más cómoda clasificación de las diversas medidas, se creó en 1874 en Alemania el llamado calibre del alambre, que es un calibre milimétrico unitario cuyos números corresponden al decuplo del diámetro del alambre expresado en mm., así No.8 significa un alambre de 0,8 mm de \varnothing .-

En Inglaterra se han establecido el Birmingham Wire Gauge (BWG) y el Halifax o Imperial Standard (HWG o SWG).-

En nuestro país se utilizan todos estos tipos, además del American Steel Wire Gauge (ASWG) y del Brown Sharpe Wire Gauge (BSWG).-

Para medir el diámetro del alambre se usa todavía en muchas trefilaciones una placa metálica con 26-30 agujeritos aproximadamente que corresponden a las diferentes secciones de los alambres que se manipulean. Se han impuesto por su fácil manejo, solidéz y falta de operaciones de cálculo.-

Cuando se desean mayores precisiones en la medida se recurre al tornillo micrométrico o Palmer.-

L A M A T E R I A P R I M A

La materia prima de la trefilación (que en nuestro caso es alambre de cobre) es el alambrón de cobre electrolítico de 99,9% de pureza, de un diámetro máximo de 1/2" (media pulgada) 12,7 mm. \varnothing . Obt-

nida por laminación en caliente de palanquilla de cobre electrolítico.-

El alambrón viene en rollos de 110 kilos, general - mente, puesto que el peso standard de una palanquilla es de aproximadamente 110 kilos.-

Debe exigirse que las laminaciones entreguen el alambrón con superficies libres de rebarbas, sección lo más aproximadamente posible redondas y una uniformidad de diámetro entre el principio y el final del rollo.-

En ese aspecto, los distintos países fijan normas de tolerancia para los apartamientos del diámetro y así encontramos en Italia las Tablas UNI 3034 " Barras y alambres " y en Alemania las tablas DNI 1613 " Barras, alambres y cables ".-

Características del cobre:

El peso específico del cobre varia con su pureza, entre 8,8 y 8,95.- Funde a 1083° C.-

A temperatura normal tiene una resistencia en estado recocido de 21,8 a 24 Kg/mm².

Estos dos datos mecánicos varia con el endurecimiento derivado de los progresivos pasajes a la trefila y con la temperatura de recocido a la que se somete el alambre para hacerle retomar su maleabilidad.-

Cuando más puro es el cobre, tanto más dulce y ductil, ya sea en frio o en caliente.- Las impurezas usuales del cobre son el As, Bi, Zn, Ni, O₂.- Pequeñas trazas de Bismuto, lo tornan fragil; arsénico y níquel hasta 0,5% no elevan la resistencia pero disminuyen la conductibilidad eléctrica.-

El cobre como otros metales se endurece por acciones mecánicas(laminación, trefilación), volviéndose dulce por recocido.-

De acuerdo al aumento de pasajes por la trefila sin recocido intermedio, el cobre aumenta su resistencia hasta cerca de 55 kg/mm².-

Experiencias efectuadas en nuestro taller de Ramos Mejía en trabajos ejecutados para el Ferrocarril Nacional General Urquiza, (fabricación de alambre para trolley), hemos obtenido un promedio de resistencias de 39 Kg/mm².

El cobre que viene laminado para ser transformado en alambre, contiene un término medio de 0.04 % de oxígeno y no debe contener más del 0,03 % de bismuto, pues de lo contrario se rompe durante el trefilado.-

Defectos que puede presentar la materia prima - con consecuencias en la trafilación.-

Defectos de forma:

- A) Secciones demasiado recargadas (rebarbas)
- B) Secciones deformadas (chatas o ovaladas)
- C) Laminación unilateral
- D) Laminación cruzada.

Defectos superficiales:

A) Pliegues superficiales. Los pliegues se producen por el hecho que el material durante la laminación escapa lateralmente al canal y crea la llamada "Barba de la laminación". Dicha barba en la próxima pasada se repliega pero sin soldarse. En el repliegue quedan incluidas pequeñas cantidades de óxidos.

Estos defectos si bien pasan casi inadvertidos durante la trafilación, en la elaboración posterior de remaches, clavos, bulones, etc, dan lugar a gran porcentaje de rechazos.-

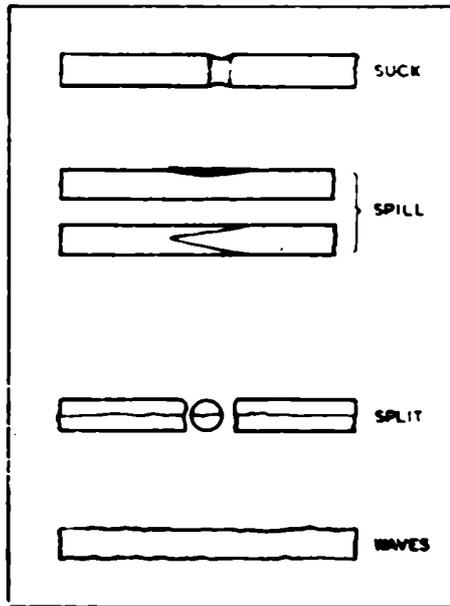
B) Astillas o rajaduras. Si el canal del tren laminador es aplicado en forma errada se forma sobre la superficie del alambre, protuberancias o astillas que no se separan en una ulterior trafilación. Las astillas se corroen en el decapado y cuando pasan a través de las matrices rayan el cono de la misma y frecuentemente rompen el alambre

Defectos ocultos o internos

A) Inclusiones no metálicas ocasionadas por trabajo sucio en la laminación, ejemplo de granos de arena (silice) por su gran dureza provocan rupturas de los conos de las trafilas.-

Defectos encontrados en los alambres:

Muchos de los defectos encontrados en los alambres vienen de la calidad de los productos fundidos con que se hacen las barras, o de los alambres laminados, pero es muy dificultoso determinar



Types of defect

MICROFOTOGRAFIAS COMPARATIVAS DE ESTADO DE CUERPO DE ALTA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUES DE UNA FUERTE REDUCCION



Microscopic photograph of a section of high-conductivity copper 1/16 in. in diameter taken after rough annealing stage



Section of the same rod after it had been made into hard-drawn wire: weight 70 lb. per mile. Note uniformity of crystal formation

exactamente el origen de la falla.-

En el laminado hay que tener cuidado en la producción de barbas por laminado defectuoso que darían origen a pliegues, que al trafilar, darían alambres con pobres propiedades superficiales, en especial, ductilidad mala.-

Otro defecto muy importante es la inclusión durante el laminado de algún material refractario proveniente de los crisoles u horno de fundición, habiéndose demostrado que es la causa más común de la ruptura de los alambres, y en el caso de incrustaciones síliceas del rápido desgaste de las matrices.-

Defectos del alambre trefilado

En el proceso mismo del trafilado los defectos pueden asociarse con las condiciones de las máquinas, como ser el desgaste de las campanas, resultando un inmediato deterioro de los alambres o una excesiva tensión de las mismas.-

Los defectos también pueden deberse a fallas en la matriz y a ellos pertenecen las bien conocidas fisuras en forma de pata de gallo y fallas escoriformes.-

La primera es debido a la vibración producida por el uso de una muy grande reducción en matrices, teniendo ángulos defectuosos de modo que el alambre entrante era dañado por el borde.

Las fallas escoriformes son debidas al uso de matrices con ángulos agudos y rulemanes desgastados o no apropiados, de modo que el alambre no es trabajado a lo largo de todo el corte de la sección del mismo modo, ya que la superficie es más trabajada que el corazón del alambre.- . Ello resulta en que la porción central desarrolla fracturas de naturaleza ventosa y cónicas, de ahí el término escoriforme. Se ha observado que el defecto se manifiesta en una etapa ulterior y no en la matriz defectuosa.

Cuando se producen alambres de cobre no satisfactorios desde el punto de vista de la brillantéz y color, se atribuye la falta, al lubricante ó a las condiciones del horno. Se han hecho ensayos colocando sobre el alambre los componentes de distintos lubricantes y sometiendo todo a una temperatura adecuada en atmósfera de vapor o de gases

inertes.- Se ha comprobado que, de por si, en la mayoría de los casos no se producían efectos perjudiciales sobre el alambre a menos que el lubricante contubiera azufre libre, lo que por otra parte, no es común en los líquidos usuales.- La respuesta a como es que se produce el manchado u oscurecimiento del cobre por efecto del lubricante en el horno se encuentra si se considera la reacción que tiene lugar entre el cobre, o más bien el OCu, y los ácidos grasos libres contenidos en el lubricante.- La capa o film de los productos así formados se descomponen luego en el horno y da lugar a las decoloraciones o manchas características.- Por otra parte, se sabe que los ácidos grasos libres se hallan formando parte de la generalidad de los lubricantes grasos comunes y parecen ser imprescindibles para una buena lubricación, de modo que es necesario balancear ambos aspectos.- Ello puede lograrse mediante un control de los ácidos grasos presentes en el lubricante, lo que se realiza con el triple control.-

- 1º Control del contenido de ácidos grasos por el fabricante del lubricante.-
- 2º Control de pH en la solución lubricante.-
- 3º Control de la concentración actual de lubricante en la solución utilizada.-

Tanto menor sea el pH, tanto mayor contenido de ácidos grasos y tanta mayor tendencia de formar jabones de cobre.-

El pH puede variar por el ácido que traigan las barras que vienen del decapado y se ajusta con soda cáustica.- El óptimo parece ser alrededor de 8,5 - 9,5.-

Defectos de conductores de cobre

Cuando la trafilación dura fué instituída, el cobre se transformó en un sustituto práctico para el hierro galvanizado para las líneas telegráficas y telefónicas aéreas.- Este proceso alcanzó el grado de fuerza de tensión para el cobre de 6,5 a 20 toneladas por pulgada cuadrada, casi igual a la del hierro forjado o acero ductil, mientras su resistencia es solo un sexto, siendo el tres por ciento mayor que el recocido cobre standard.-

Generalmente cuanto más severas sean las condiciones trabajo en frío, tanto menores resultarán en tamaño los cristales, y en

consecuencia, tanto más alta la carga de rotura por tracción.

La BS especificación, No. 174-184- párrafo S, establece que el alambre debe ser aproximadamente circular en su sección, suave, uniforme en calidad, flexible, libre de astillas desiguales, sin costra, requebrajaduras etc.-

Durante su pasaje a través de sucesivos rodillos, luego que ha sido expulsado el rojo blanco del horno, el lingote de cobre que inicialmente medía 6 pies por 4 pulgadas por $3\frac{1}{2}$ pulgadas, y pesaba 250 lb, aumenta en longitud, así como su sección disminuye.- Los rollos se emergen a una mayor velocidad de la que entra, porque no solo toma la velocidad de los rollos, sino que además tira hacia adelante en virtud del aumento correspondiente a su reducción de sección, - alcanzando en su último pasaje a 3.000 piés por minuto.-

Es necesaria una operación rápida para prevenir una marcada diferencia de temperatura del metal de un extremo al otro, que puede causar alrededor de 1.1/2% en la variación en su fuerza de tensión. Para uniformar el material antes de ser trafilado, es recocido a 1.2000°F y enfriado inmediatamente con agua. Luego, es decapado en una solución de SO₄H₂. diluido para remover todas las crostas o escamas.-

Durante la laminación la forma de la sección varia paso a paso, por cuanto si la sección fuera circular se produciría una rebaba, que en el paso siguiente se aplanaría y pegaría al material formando como 2 cajas que mantendrá todo el proceso.- Para evitar lo que acontece, antes de darle la forma definitiva se lo hace pasar por formas rectangulares, ovales, cuadradas y redondas.-

LA LAMINACION

Operación Mecánica de los Metales

Laminado y trefilado

Generalidades: Estas dos operaciones pertenecen a un procedimiento de trabajo que participa de los principios de la forja, del estampado y del embutido, por cuanto existe en cierto modo, en ambas, aplastamiento y estirado del material.

Por otra parte presentan dos características fundamentales que las diferencian de las anteriores y que podrían llamarse: de con-

tinuidad de forma y de producto general.

La continuidad de forma, se refiere a que el metal sale de ambas operaciones con una sección recta uniforme; circular, cuadrada, rectangular, etc. etc.-

La generalidad del producto, se entiende por no producir como en forja, estampado o embutido, una pieza determinada, sino un sólido continuo que en la mayoría de los casos, necesita una operación complementaria para su aplicación en la industria.

Así, los productos laminados o trefilados reciben un nombre genérico; planchas, barras, carriles, alambres, etc.-

El laminado y el trefilado, a semejanza de los trabajos anteriores, pueden realizarse en frío o en caliente, si bien la primera forma toma en éstos, un carácter algo más general, especialmente en el trefilado.-

Laminado-

De las dos operaciones consideradas, el laminado es la más primitiva por cuanto su trabajo se encuentra más próximo de la Metalurgia, al utilizar el material (en la mayoría de los casos) tal como proviene de dicha rama de la industria.-

El mecanismo fundamental de esta operación lo constituyen dos elementos cilíndricos de ejes paralelos (normalmente), con giros inversos entre sí y de igual diámetro o de igual velocidad tangencial aproximadamente, si la primera condición no se cumple.-

Los cilindros se suelen montar horizontales y uno encima de otro, dejando entre sus superficies exteriores una cierta separación, correspondiente al espesor que se desea obtener.-

Al aproximar el material a los cilindros en movimiento, la presión ejercida por éstos lo comprime y arrastra por adherencia hacia su menor distancia, produciéndose así un aplastamiento y estirado progresivos por desplazamiento de materia paralelamente a la fibra media y tanto más marcado, cuanto que las capas se acerquen más a la periferia donde se aplica el arrastre.-

Las magnitudes que intervienen fundamentalmente en este género de trabajo son, según se desprende de lo expuesto anteriormente,

el espesor bruto, el espesor resultante, el arrastre tangencial (consecuencia de la presión), y el radio de los cilindros.-

La relación que liga estos valores puede estudiarse en una sección normal a los ejes de estos últimos.-

Tipos de Laminadores

El mecanismo del laminado consiste, como ya se ha visto, en hacer pasar el material entre los cilindros girando en sentido contrario y a favor de este giro, pero como el espesor y forma es generalmente imposible de lograr en una sola pasada, se precisan disposiciones adecuadas para reiterar fácilmente el trabajo.

Estas disposiciones pueden ser de orden fundamental o auxiliar.-

Las primeras se refieren a la agrupación de los cilindros y las segundas a los elementos de transporte del material que, normalmente, es de dimensiones considerables.-

Las agrupaciones básicas son; de dos cilindros o dúo (con o sin inversión de giro) y de tres cilindros o trio.-

En los duos, la regulación de espesor de laminado se realiza con uno solo de los cilindros, mientras que en los tríos, puede obtenerse por; cilindro medio fijo y superior é inferior regables; cilindros alto y medio fijos y el inferior regable, que, además puede ser de menor diámetro (trío Lauth, muy empleado en laminación de chapas.)

Partiendo de estos tipos simples se han ido construyendo otros más complejos, entre los que se destacan:

El doble dúo, en sus dos formas, en prolongación y con defase.-

El doble trío que puede ser de seis cilindros en dos tríos o de siete cilindros con tres alineaciones, que puede considerarse como un dúo-trío-dúo.

El doble dúo universal, en el cual el segundo par de cilindros tiene sus ejes normales al primero, lo que permite un laminado en dos direcciones perpendiculares entre sí.

El doble trío universal que adopta a su vez dos dispositivos: el primero con laminado horizontal seguido del laminado vertical, y por último, un segundo laminado horizontal, en el que se utiliza, a veces, como cilindro inferior el que actuaba de superior en la primera

pasada , y que generalmente es de menor diámetro.-

El segundo se compone de laminado vertical-horizontal-vertical-vertical- horizontal con acoplamiento semejante al anterior en el cilindro de menor radio.-

Cada uno de estos tipos tiene su aplicación determinada en relación con el perfil de la sección, la reducción de áreas en cada pasada, etc. y tienden, a medida que se complica su agrupación, a simplificar los movimientos del material.-

En efecto, en un duo, a menos de ser reversible, sería preciso pasar la barra o plancha al lado opuesto de su salida en caso de un nuevo laminado, mientras que en el trío, pueden hacerse dos laminaciones consecutivas, comenzando la segunda del mismo lado de la salida de la primera.

En los tipos dobles, se atiende en muchos casos a esta contingencia haciendo simultaneamente durante la mayor parte del trabajo dos operaciones (1-2 y 3-4 dobles duo y trio) y aún tres, en los tipos universales.-

A pesar de estas ventajas, es preciso disponer de otros medios auxiliares para el movimiento del material durante las fases de trabajo(especialmente cuando se trata de grandes superficies), como son los trenes de rodillos móviles, montados a uno y otro lado de los laminadores que favorecen el desplazamiento en la entrada y en la salida del laminado

En algunos tipos de instalaciones, los rodillos más alejados van montados sobre un carretón, que puede desengancharse del conjunto y que sirve de elemento de transporte para llevar el material al tren contiguo, al horno de recocido, etc.-

En el laminado de chapa, suelen producirse algunas diferencias entre sus dos superficies, debido al peso propio y otros fenómenos más complejos, por lo que se precisa disponer de un mecanismo de volteo(que se aplica en el mismo carretón muchas veces) y que, al invertir la posición de superficies, produce una compensación de las diferencias apuntadas al efectuarse el laminado siguiente.-

En el laminado de perfiles, especialmente, y por la forma que han de tener los cilindros laminadores, se producen diferencias de velocidad tangencial que deben reducirse al mínimo, para evitar grandes deformaciones en el producto, disponiendo la sección de modo que resulte bien

centrada y con su máxima dimensión paralela a los ejes de giro, a ser posible.-

La transmisión a los cilindros de laminar, se efectúa mediante un eje intermedio con doble junta de rótula estrellada o ranurada a fin de asegurar un giro continuo en los desplazamientos necesarios a la regulación del espesor de laminación.-

Los cilindros pueden ser de fundición (blandos, semiduros y duros) o bien de acero fundido o forjado, según el material a laminar y el proceso de trabajo.-

El ángulo de ataque suele oscilar entre 27° y 30° y la reducción media de espesor por cada laminado en la relación 2:3.-

Laminado de tubos.-

Este trabajo, más que un laminado especial, debe considerarse como un eslabón intermedio entre el laminado y trefilado, pues si bien se utilizan los cilindros (elementos móviles) son también necesarios órganos especiales (mandriles, que es un elemento estático) y a veces verdaderas trafilas.

Por otra parte, el material sufre un estirado muy semejante al del trefilado.-

Existen varios tipos de tubos, cada uno de los cuales tiene su forma de trabajo adecuada.-

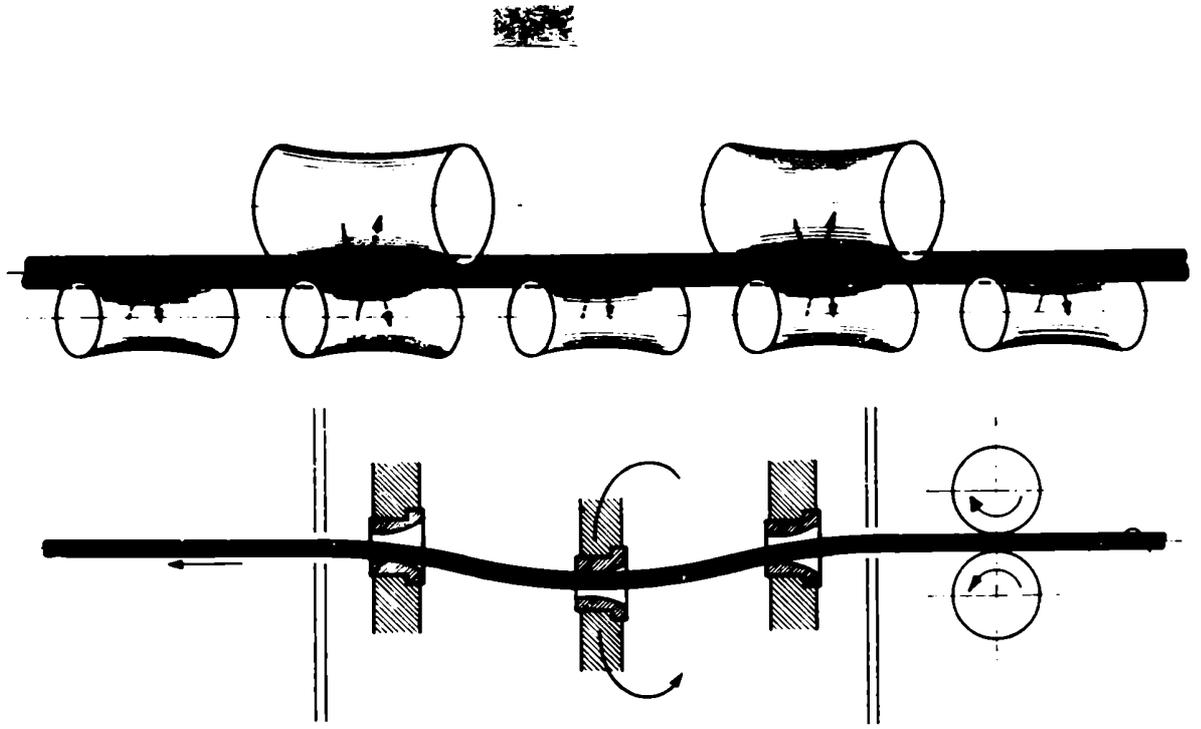
Los tubos que no se han de utilizar para conducción de fluidos, pueden quedar sin cerrar hermeticamente.-

Su fabricación puede realizarse de dos maneras, partiendo siempre de una tira metálica que se curva, iniciando la forma tubular.-

En el procedimiento de obtención de tubos con los bordes a tope, basta una embocadura o trafila en la que se introduce la tira ya curvada, que por estrechamiento de sección y al producirse un arrastre mecánico, es obligada a cerrar su curvatura.-

Para los tubos con solapa, es preciso iniciar también su forma, continuando la operación en forma análoga a la anterior, a menos que se desee cerrar con auto-soldadura, en cuyo caso, debe calentarse el material al blanco soldante y proceder a su unión.-

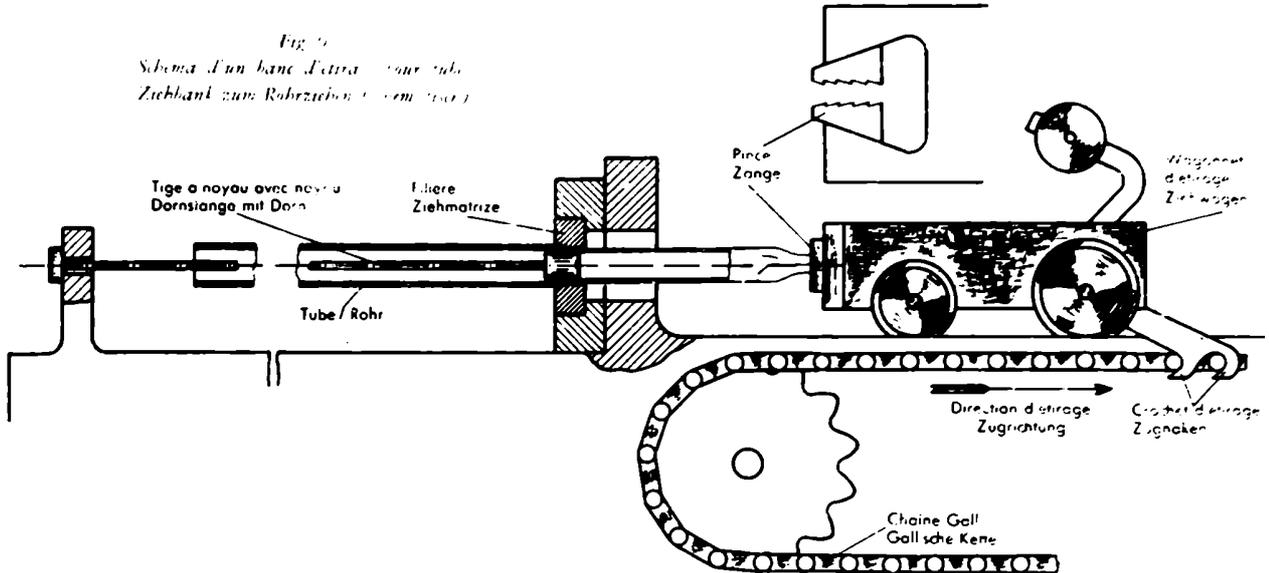
Para las grandes presiones, se emplean los tubos continuos sin soldadura, para los cuales se parte de una barra calibrada, que se taladra según su eje por un extremo, introduciéndola después entre dos cilin-



System Schuma.

Plan de rotation des parties rotatives Schuma. — Richttafel für Rolltafel.

Fig. 1
Schéma d'un banc d'extrusion (voir page 150)
Ziehbank zum Rohziehen (siehe Seite 150)



dros, de ejes que se cruzan (Hperbólicos) y girando a gran velocidad (Hasta unos 30m./seg. de velocidad periférica) y apoyada contra un mandril. La dilatación ptoducida por éste, es favorecida por el violento giro que imprimen los citados cilindros.-

Para pasar a una sección distinta de la obtenida por el procedimiento anterior (Mannesmann) puede emplearse una simple trafila cónica provista de mandril, que, por contorsión contra las paredes, reduce el espesor y sección del tubo.-

EQUIPO

Aparatos para realizar la trefilación.-

Los aparatos que son usados para desarrollar la trefilación son:

- 1) Los bancos trefilas a bobinas.
- 2) Los bancos a "carrito" para barras derechas o de tracción recta.-

Los bancos a bobinas son usados para trabajar rollos hasta 16 mm de \varnothing .-

El alambre es enrollado sobre un tambor y despues de cada pa saje a traves de la trefila (máquina de 1 o más bobinas independientes) o bien solo después que ha sufrido una serie de reducciones (trafila múltiple), es nuevamente enrollado en otro tambor.-

Secciones más gruesas y barras derechas son trefiladas sobre bancos carritos o bancos alargados de tracción recta.-

Bancos Trefiladores.-

Según el diámetro a trefilar, los bancos se subdividen en

1º	Máquinas para alambres desde mm \varnothing 12,7 hasta 6	o desbastadora
2º	" " " " " " 6.-	" 2 trefiladora o bancos a bobina
3º	" " " " " " 2.-	" 0,30 múltiples para fino
4º	" " " " " " 0,30 en adelante,	múltiple para muy fino

La trafilación del alambre sobre estas máquinas se realiza poniendo las madejas a trefilar sobre devanadoras de desenrollado e introduciendo la extremidad afilada del alambre dentro del agujero de la trefila hasta hacerlo tomar por una especie de tenaza; obteniendo esto mé

canicamente o a mano, se tira del alambre a través del agujero, de modo que se pueda llegar a fijarlo al tambor de la máquina, el que se hace frotar de modo que el alambre sea tirado a través de la trefila. Así se va formando un nuevo rollo sobre el tambor de tracción.-

Devanadoras de desenrollamiento.-

Son de madera o de hierro.- El porta-devanador es solidario a la máquina o está independiente junto a la máquina misma.- En nuestro caso el dispositivo usado es el segundo.-

Durante la trefilación las devanadoras a menudo son colocadas dentro de barricas de madera llenas de líquido.-

Dispositivos para iniciar la tracción del alambre.-

La primera fase de la tracción del alambre a través del agujero de la trefila es hecha a mano o con algún dispositivo mecánico; a tal propósito la operación se puede hacer a mano con una tenaza en el caso de alambres finos como aquellos que se trefilan en máquinas pequeñas.-

Para facilitar la tarea, el operario usa una tenaza fijada al tambor de tracción.- En la iniciación mecánica del giro, ésta es obtenida por una serie de dispositivos de los cuales los principales son:

1º) En muchas máquinas la parte inferior del tambor está provista de una tenaza fijada a una cadena y con la cual se inicia la trefilación. En otros casos se utilizan dispositivos de comando independiente, por ejemplo una tenaza, maniobrando una palanca estirada por una cadena dispuesta inferiormente al plano de la trefila.-

En las trefilas para alambres delgados el primer tiro es obtenido por dispositivos de fricción.-

2º) Otras máquinas tienen un accionamiento eléctrico directo y cada uno de esos dispositivos es suficiente para muchas trefilas a bobinas por cuanto es accesible desde muchas direcciones.- La tracción del hilo es obtenida sin roturas con una punta a fricción, ajustable con una palanca de mano, la puesta en movimiento y el arresto son realizados por interruptores pulsantes.-

Portatrefilas.-

Los porta-trefilas son armazones de acero, están dispuestos sobre el plano de la máquina y generalmente son orientables.-

BANCO tra filas para alambres gruesos - Desbastadora.-

Llamados también "Bulck Block o desgrosadora o desbastadora"

están dotados generalmente de varias bobinas independientes montadas sobre un mismo banco y muy raramente se encuentra una sola.-

a) Bancos de trefilas simples, pueden tenerse con tambores horizontales o verticales.-

Las máquinas modernas están dotadas de una junta a fricción que permite una puesta en movimiento gradual de la bobina, lo que contrasta con las antiguas (a pedal) que por su accionar brusco provocan frecuentemente la rotura de alambres-

La junta a fricción tiene un muelle a resorte en el interior de la bobina la cual es solidaria por un extremo con el tambor mismo, mientras la otra extremidad es prensada por un peso accionado a palanca y también dispuesta en el tambor contra un traccionador solidario al tronco que rota continuamente. Para poner en marcha el funcionamiento del tambor, hay que liberar antes una palanca a pedal; ésta se mueve automáticamente hacia el alto y pone en acción con el auxilio de la espina con asiento en el eje del tambor el contrapeso de maniobra, el cual pondrá en tensión el elástico y lo unirá gradualmente con el eje del tambor.-

La regulación del conjunto puede ser hecha durante el trabajo, aflojando con una llave el asiento con rosca que se encuentra en el tambor sobre el disco de empuje.-

Mediante una segunda llave se aferra la barra cuadrada del tornillo de regulación y se mueve el disco de empuje tanto hacia abajo, en el caso que el tambor no trabaje bien, hasta que se note una tracción uniforme.-

El manejo de las trefilas simples para alambres gruesos, se hace mediante transmisión de correa y polea fija o libre, o con motor eléctrico que es acoplado mediante un elástico junto al piñón.- Se puede obtener más velocidad cuando esté provisto de un cambio de dos o tres escalones, o un motor de número de polos variable, o en fin, usando los dos sistemas conjuntamente.-

El reductor trabaja dentro de la caja que no deja salir el aceite.-

Para establecer los fundamentos de la máquina trefiladora, basta en un buen terreno, con una capa de cemento de 350 mm de espesor.-

Se construyen también máquinas que no necesitan fundición.-

Las bobinas tienen diámetros desde 650 a 700 mm. y hacen desde 8 hasta 40 revoluciones por minuto.-

Desde Norte America ofrecen una máquina llamada "Statabloc". Esta máquina trabaja sin interrupción con una sola trefila, la cual está armada sobre un equipo girable y hace un camino circular alrededor de un tambor fijo.- El alambre para trefilar pasa a través de uno o más rodillos de guía hasta la trefila y después de la reducción es agarrado por una tenaza o un par de morzas que se encuentran a un lado.- Cuando esta máquina es puesta en movimiento la rueda gira alrededor del tambor fijo hasta que son enrolladas alrededor tantas espirales de manera que no puedan patinar más adelante; entonces se aflojan las morzas.- Cada nueva espiral que se forma busca tomar el puesto de la que precede, por eso empuja al mismo tiempo las espirales fuera del tambor sobre el recolector hasta que éste se encuentre completamente cargado y haya alcanzado el peso conveniente, pudiendo llegar hasta 6 toneladas.-

Faltan otras noticias acerca de la prueba práctica que ha demostrado la nueva máquina.-

b) Bancos con más de una bobina.- En estas máquinas las bobinas están dispuestas verticalmente y colocadas una cerca de la otra sobre un único armazón.- Los tambores son movidos por medio de ruedas dentadas cónicas ensamblada cada una sobre el eje de las varias bobinas y que reciben el movimiento de otras tantas ruedas cónicas solidarias con el eje principal que corre longitudinalmente por todo el banco.- De este modo se pueden colocar uno después del otro, hasta 20 tambores que pueden trabajar en paralelo.- En los bancos muy largos el eje principal está formado por muchas unidades conectadas con bridas.-

Las ruedas cónicas ensambladas en el eje constan generalmente de dos partes para poderla sustituir facilmente.-

Los tambores están separados uno del otro por un chapa divisoria puesta como hélice, de tal forma que impide que los hilos se enrollen y poder así evitar peligros de accidentes.-

Las máquinas con más tambores se construyen ya sea con alimentación lateral o unilateral.- En el primer caso los tambores son alimentados alternativamente de uno y otro lado de la máquina, en el segundo caso de un solo lado.- En el caso del servicio bilateral, la distancia entre los dos tambores va desde 1250 hasta 1400 mm., en el otro caso tal distancia llega a 1900 mm. y las trefilas de este modelo necesitan en consecuencia mayor lugar.-

También las trefilas con más tambores, tienen los mismos dispositivos provistos de embriagues con elásticos, por medio de los cuales unidos, se garantiza el comienzo del procedimiento de trefilación sin golpes y una uniforme elaboración del alambre.- Se construyen con o sin fundición.

Las máquinas muy pesadas para la trefilación de alambres más gruesos, tienen tambores de 650 hasta 700 mm de diámetro que ruedan a un número de revoluciones de 10 a 30 por minuto.-

c) Bancos para alambres medios.-

Estas máquinas son fundamentalmente iguales a las utilizadas para alambres gruesos y se construyen ya sea con 1 bobina simple o con más bobinas.-

Sus medidas en alto son iguales a las de las máquinas para alambres gruesos a fin de poder usar un único sistema de comienzo del trabajo.-

Las máquinas con una sola bobina tienen tambores de 450 a 500 mm. de diámetro que hacen desde 70 hasta 100 revoluciones por minuto y pueden trefilar de 1200 a 2500 kg. de alambre de 8 hs. con una fuerza de 5 HP.-

Las máquinas con más bobinas tienen tambores de 420 a 500 mm. de diámetro mientras que el número de revoluciones, según la calidad de alambre a trefilar, va desde 55 hasta 100 por minuto.- La alimentación puede ser de un solo lado o de ambos; en el primer caso la distancia entre los ejes es de 1850 mm., en el segundo de 1250.-

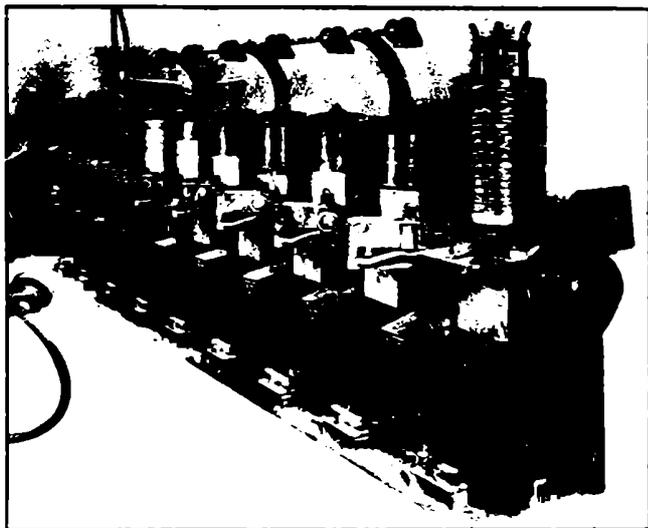
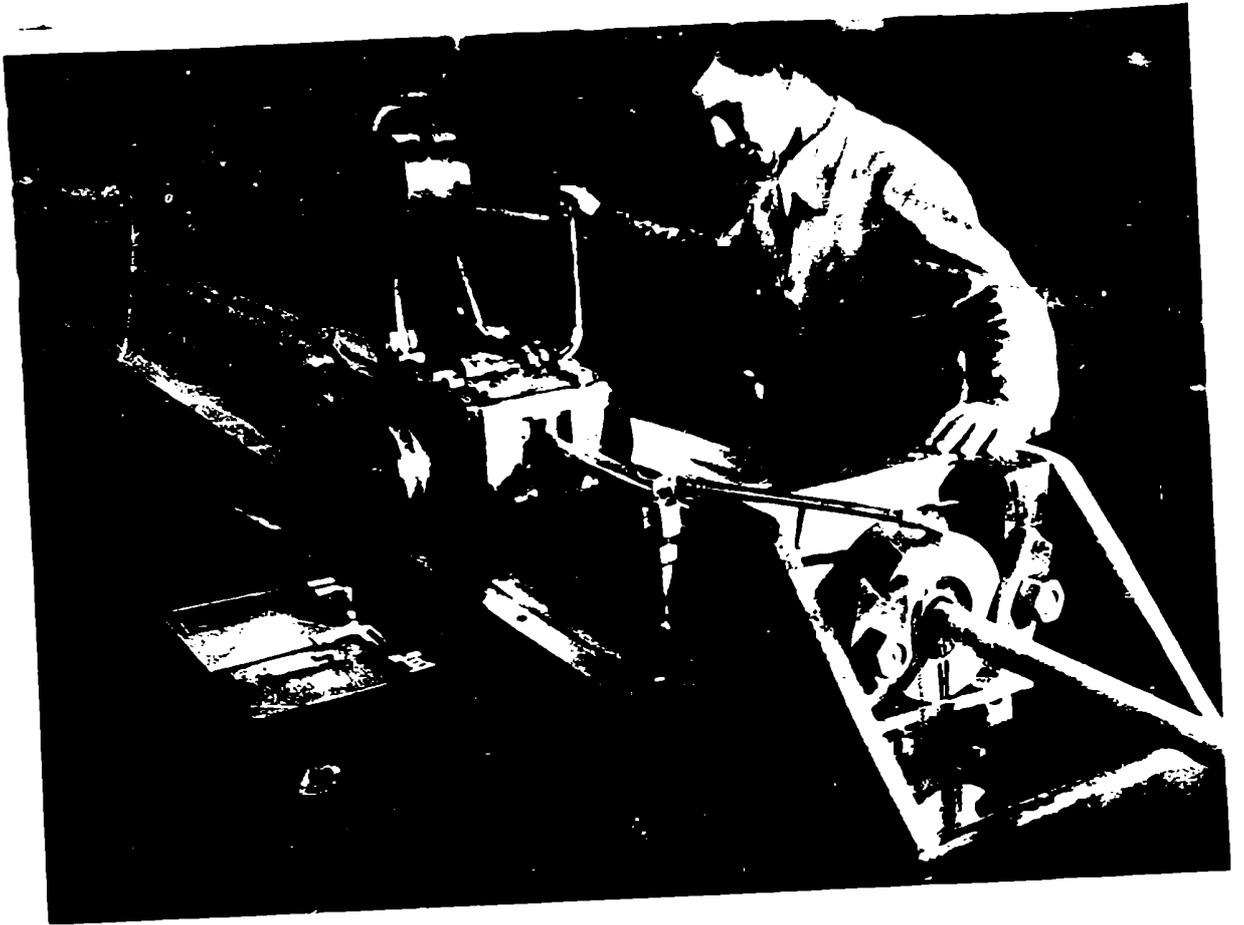
d) Bancos para alambre fino.-

Para trefilar alambre fino de aproximadamente 2 mm. de diámetro y menos, se usan aparatos de construcción notablemente más livianos que los arriba descritos, ya que en este caso se trata de fuerzas mucho más débiles.-

Estos aparatos se construyen solamente en modelos que contienen más bobinas, y en algunos casos se ha llegado hasta 42 tambores.-

Se componen generalmente de complejos parciales, cada uno con 6-10 ejes, unidos directamente uno al otro o dispuestos, según las necesidades, de manera de dejar dos o más pasajes.-

Para poner en marcha los tambores, en las máquinas antiguas, se levantan los tambores mismos, provocando así el contacto y el arrastre de un perno por parte de una palanca solidaria con el eje del tambor.- Si viene a faltar el esfuerzo de tracción por ruptura del alambre o por agotamiento del rollo, cesa la presión entre la palanca y el perno, el tambor desciende y queda desconectado.-



Las máquinas modernas tienen normalmente juntas a fricción ya que se ha demostrado que especialmente en la trefilación de alambres finos se necesita poner en marcha y parar las máquinas muy suavemente.- El modelo y el funcionamiento de estas juntas es el mismo que el que se usa para las máquinas gruesas y medianas; son colocados bajo el plano de trabajo y son accionados por medio de palancas a mano.- Naturalmente, no es necesario levantar los tambores para poner en marcha la máquina.-

El mando de estos grupos se diferencia según la magnitud de la planta; en las grandes plantas se recomienda el empleo de reductores de velocidades a engranaje con dientes inclinados y cerrados en carters a baño de aceite.-

El reductor está conectado por medio de un punto elástico al motor eléctrico mientras todo el conjunto reductor-motor está fijo sobre la misma plancha.- En las plantas de mediana y pequeña importancia, el mando es transmitido normalmente con un reductor a tornillo sin fin o también por medio de correa.- En este último caso es necesario un dispositivo de regulación o un tensor para la correa.-

Los tambores para alambre fino tienen un diámetro de 270 a 300 mm. y hacen desde 70 hasta 90 revoluciones por minuto; la distancia entre los ejes va desde 550 hasta 650 mm. y la fuerza necesaria varía en un promedio desde 1 hasta $\frac{1}{2}$ HP por cada tambor.-

La productividad de las máquinas para alambre fino depende gran parte del diámetro del alambre mismo.-

Para las máquinas de alambre fino, la productividad va por turno de 8 horas y cada tambor de 100 a 500 Kgs.- En estas máquinas un obrero puede atender de 10 a 12 tambores.-

Trefilas Múltiples

Las trefilas múltiples o bancos de trefilación continuo tienen una productividad mucho más alta que las máquinas hasta ahora descritas.-

En ellas el alambre soporta una serie de reducciones después de la última de las cuales viene a reenvolverse en rollos evitando con ello la manipulación del rollo mismo después de cada pasaje.●

También las necesidades de fuerza y el espacio son menores.

Este modelo de trefila era antes adecuado solamente para la

trefilación húmeda de alambres finos.- Hoy se hacen también modelos para trefilar en seco, alambres gruesos y medianos.-

En el pasaje del alambre a través de las sucesivas trefilas se produce, en correspondencia a la reducción de sección, un aumento del largo del alambre y para equilibrar este fenómeno el alambre debe pasar a través de las trefilas a velocidades cada vez mayores; lo que se puede obtener de varios modos.- Por ejemplo: disponiendo los tambores con perfiles escalonados y dimensionados de modo que los distintos diámetros correspondan al aumento del largo del alambre, o mediante el empleo de tambores compuestos, cada elemento del cual rueda a un número distinto de revoluciones, o al fin ajustando la velocidad periférica de cada tambor al aumento del largo del alambre, lo que se puede obtener por medio de parejas de engranaje, o también mandando cada tambor con motores independientes.-

Ya que no es prácticamente posible graduar con precisión las reducciones una a una y cada velocidad, en función del alargamiento del alambre.-

Las velocidades periféricas de los tambores se prevén de modo que cada uno de ellos este en condiciones de envolver más alambre del que el anterior deje libre.-

Ello determina los tambores un deslizamiento del alambre y en consecuencia más rápido consumo del tambor.-

Cuando se debe trabajar el alambre de hierro o acero de 3 mm. de diámetro o más, el consumo de los tambores llega a ser tan grande que es prácticamente imposible trefilar dichos alambres de la manera descrita.- Este inconveniente es eliminado con las máquinas antideslizantes.-

En las trefilas múltiples Morgan-Connor, los tambores presentan en la parte de arriba una cubierta en forma de cúpula por debajo de la cual y centralmente existe una guía tubular en correspondencia con el eje del tambor.-

El hilo se arrolla en el tambor, atraviesa de arriba a abajo la cúpula y la guía y sale con la ayuda de un transportador adaptable hacia el agujero siguiente.- El alambre que fluye de un tambor es guiado por una cadena situada en un canal del plato que lleva el tambor.- El hilo corre por una cavidad axial de la cadena.- Si la reducción de sección por cada pasada esta en relación con la velocidad de tracción, la cadena

está cerrada; si por el contrario cada tambor precisa más alambre de lo que el tambor precedente libera, la cadena se mueve lentamente en el sentido de rotación del tambor.-

Para cada giro resulta más importante con el aumento de la reducción, en el caso de alambres duros y cuando se tienen pequeñas reducciones se verifica un giro para cada 60 m., con alambres dulces y fuertes reducciones cada 15 m.

La torsión del alambre no modifica practicamente las características del mismo y tienen una acción favorable sobre el uso del agujero de la trefila.- La puesta en marcha y el cierre de la máquina se hace directamente con un motor.- Este tipo de trefilas múltiples son construídas tanto con juntas rígidas como con juntas a fricción.- En el tipo de trefilas Herborn cada tambor posee su propio motor.-

En algunas trefilas múltiples para la trefilación en húmedo, tanto la trefila como el tambor son instalados dentro de cajas llenas de líquido y revestidos de plomo para protegerlos del ataque del ácido.- Para la colocación cómoda del alambre en la máquina, la caja anteriormente mencionada puede bajarse independientemente con un pedal y dejar al descubierto la trefila.- Estas máquinas poseen además dispositivos especiales que aseguran un lavado continuo de la trefila y si es necesario en forma energética para eliminar posibles depósitos de restos metálicos que podrían deteriorarla.-

Para realizar un determinado trabajo hay una extensión muy grande de máquinas; y la forma standard de clasificarlas, en trefiladoras, tandem, pesadas, desbastadoras, semipesada, medio fino y fino, no es totalmente adecuada, pues en particular hay muchas clases de máquinas pesadas.-

La velocidad de las máquinas obtenida hacia 1938 no ha sido muy modificada, por cuanto son del orden de 1500 - 3500 pies por minuto para las pesadas, en tanto que para las máquinas medio fino, es de 5000 hasta 8000 pies por minuto.- En otras máquinas especiales de grandes carretes se han obtenido para el tipo tandem 5000 pies por minuto, y 12000 pies por minuto para las máquinas medio fino.-

Muchas máquinas modernas son equipadas para la potencia con motores con reductores de velocidad, variable, generalmente con tres velocidades.-

Con los diseños de transmisión del poder con mínimas pérdidas, las máquinas trefiladoras standard han alcanzado un alto nivel de eficiencia.-

Naturalmente el diámetro y la velocidad de los tambores es tán relacionados con la reducción a efectuarse en cada pasada y debe son-servarse dicha relación.-

Un gran desgaste en el capstan y un esquema del trefilado alejado de lo proyectado, es debido al desgaste excesivo de la matriz.

Siempre existe algún deslizamiento y dentro de ciertos límites es permitido, pero cuando se observe un excésivo deslizamiento debe controlarse la máquina.-

En tanto es costumbre general emplear máquinas del tipo deslizante, es característica del diseño de algunas trefilerías modernas el uso de máquinas tandem pesadas no deslizantes.- La razón de esto está asociada con la adopción de alambres de medidas más grandes para la manufactura de productos especiales, como ser alambre de gran sección, alambre de alta calidad en la superficie, y alambre redondo de gran diámetro (trolley

Estas máquinas no deslizantes tienen un motor de corriente continua individual para cada capstan y los brazos flotantes en los que se hallan montados aseguran la requerida sincronización.- En el caso del cobre, es práctica común usar una de las etapas para rasurar los rollos, proceso por el cual cerca de 0-008 pulgadas de la superficie del metal es separada y queda una superficie mejor.- El trefilado sin deslizamiento no ha sido tomado con excesivo entusiasmo por los trefiladores de cobre, en virtud del alto costo.-

Energía.-

La casi totalidad de los requerimientos de energía de una planta de trefilación moderna son satisfechos mediante energía eléctrica; con excepción del horno de recocido que es alimentado a gas-oil o fuel-oil

Soldadura del alambre.-

Para evitar las pérdidas de tiempo que supone la inserción del alambre de cada madeja, se usa unir las entre ellas por soldadura autógena u otro medio de unión.- El tiempo así recuperado es notable, especialmente en las trefilas múltiples, pero es necesario que la trefila sea tal para poder trefilar una cantidad muy grande de alambre sin presentar exce-sivo uso, lo que se consigue con las trefilas de metales duros y diamantes

Para soldar entre ellas las extremidades de dos madejas se ha encontrado particularmente útil la soldadura al tope que ejecuta tal operación en pocos segundos.-

Estas soldaduras pueden adaptarse para varios diámetros de los alambres.-

Puesto en el diámetro correspondiente, se colocan juntas las dos extremidades a soldar en una canaleta especial y la máquina cumple automáticamente la operación de soldar con solo accionar una manivela.-

Luego del enfriamiento del punto de unión se liberan los alambres por medio de otra manivela.- El depósito formado en el punto de unión es eliminado con una lima.-

Dispositivos de transporte.-

En las trefilaciones de alambres delgados las madejas son lo suficientemente livianas como para poder moverlas a mano.- Pero cuando son rollos más pesados como sucede últimamente, por razones de economía cuando se trata de alambres medios y gruesos, es necesario utilizar medios de ahorro de tiempo y evitar fatigas.- A tal fin y con propósitos diversos pueden utilizarse gruas a banderas que accionan por encima de los tambores de las trefilas.-

Para el transporte de las madejas de una parte a otra se ha encontrado prácticos los transportadores eléctricos.-

Dispositivos para seguridad contra accidentes.-

Para proteger al trefilador contra las heridas debido a accidentes por efectos de la rotura de los alambres, se utilizan tambores con corazas especiales o cilindros suspendidos a ambos lados del tambor.-

En el trafilado, sucede a menudo que el alambroón en el intervalo entre la trefila y la campana, es sometido a un esfuerzo de tracción excesiva; y en caso de rotura, el trefilador puede ser herido por los dos extremos que se liberan.-

En las trefilaciones americanas, se utiliza como medio de precaución en cada máquina, un anillo metálico volcable de cerca de 200 mm de diámetro, por fuera del alambre a trefilar.- Cuando en el alambre se presenta un nudo u otro defecto, queda preso en el anillo que es así volcado parando el motor.-

El principal peligro de accidente en una trefilación, es que el trefilador pueda quedar preso entre el alambre y el tambor, o que sea

súbitamente enganchado en el alambre y arrastrado.- Este peligro se evita proveyendo dispositivos que detengan el motor no bien se produzcan tales tipos de accidentes.- Colocando dispositivos de arresto sobre el eje principal para detener el motor en cualquier punto de la máquina, no es posible obtener un arresto inmediato porque la masa del motor y de las partes en rotación son suficientes para hacer cumplir 3 o 4 giros al tambor, los que bastan para provocar en muchos casos situaciones fatales.- Actualmente es por ello preferido para eliminar los efectos dañinos de la masa de inercia, desinsertar cada tambor solo, mientras el resto de la máquina continúa en marcha.-

La acción frenante del alambre fuertemente sujeto entre el tambor y la trefila determina un arresto inmediato.-

TRAFILAS, PLACAS Y DIAMANTES

Las dimensiones de un alambre están dadas por el tamaño y la forma de la garganta de la trefila. La eficiencia en el proceso de reducción así como en la homogeneidad superficial, y calidad del alambre, depende de la forma de la zona de reducción de la trefila.-

La terminación de la superficie es fundamentalmente controlada por el lubricante, pero el pulido de la trefila es una condición esencial.-

Debido a las pesadas condiciones de fricción (y deslizamiento) que se encuentran en el proceso de trafilación, las trafilas se gastan rápidamente y se han dedicado considerables esfuerzos en la búsqueda de un material resistente al uso.-

Las tradicionales placas agujereadas han sido totalmente reemplazadas por las trafilas de carburo de tungsteno y diamante engarzadas en cajas de acero con una enorme ventaja práctica en el uso.- Sin embargo, hay lugar para un gran progreso aún, pues los métodos de producción modernos en masa aumentan mucho los costos con el procedimiento lento del cambio de las trafilas gastadas.-

La entrada de la trefila tiene forma de campana, para eliminar bordes filosos que podrían dañar el resto del alambre.- La salida de la trefila es acanalada para fortalecerla.-

La zona de reducción es cónica y su conicidad varía, dependiendo del alambre, material, lubricante y reducción de la medida.-

Dado que el alambre es trafilado con una tolerancia muy pequeña en medida, es importante que el agujero de la trafiladora se mantenga en medida el mayor tiempo posible.- Por esa razón la garganta se fabrica cilíndrica, de largo aproximadamente de su diámetro y a veces mayor.- Estas cuatro porciones raramente están separadas, sino que están unidas una a otra.- En algunos tipos de trafiladoras la porción cilíndrica está ausente, y el perfil, consiste en una simple curva suave.-

Exactitud de una Trafila.-

Es práctica general desgastar la trafiladora hasta darle nueva medida en una máquina con una herramienta de corte cargada también con abrasivos en polvo.-

El tipo de máquina moderna se desarrolló hacia 1938.- Las mejores en los diseños se fueron introduciendo unas tras otras.-

Primero, en lo que respecta al diseño y material de la matriz, la práctica general en la manufactura de alambres no ferrosos, es el empleo de las trafiladoras de carburo de tungsteno hasta diámetros de 1.50 mm., reservando las matrices de diamante para las medidas menores.-

El límite superior para las de diamantes es generalmente 1.62 mm.-

Además en algunos casos es práctica el uso de trafiladoras de diamante para dar acabado final al producto.-

El elegir una forma correcta de la trafiladora es importante si se tiene en cuenta que el alambre debe ser trabajado uniformemente a todo lo largo de la sección.-

Si los ángulos de la trafiladora son muy grandes, los efectos del trafilado en frío no se transmiten al centro, resultando así, un alambre que en su superficie ha sido fuertemente trabajado, mientras que en su centro permanece blando, lo que origina futuras fracturas.- Si por el contrario los ángulos de la trafiladora son muy inferiores a los adecuados, resultará un excesivo trabajo friccional con la consiguiente mayor consumo de potencia y posibilidades de ruptura del alambre por las fuerzas tensionales.-

Los ángulos de las trafiladoras se deben calcular en base al metal que ha de trabajarse, pues es sabido, que estos presentan distintos mo-

dos de transmitir en el trafilado el frío, a lo largo de la sección .-
En general, tanto más blando sea el metal a trafilarse, tanto mayor será el ángulo de la trafiladora.-

De las relaciones entre las medidas del cono que dependen de los efectos friccionales entre el metal y la trafiladora, existe una relación entre la vida de la trafiladora, las tolerancias permitidas y los efectos friccionales que puedan ser tolerados.-

El ángulo de entrada es de menor importancia, pero la relación debe ser tal, que la expansión del alambre trafilado, cuando deja la trafiladora, debe ser compensada.- Esa relación es distinta para los metales blandos como el cobre.-

Considerando la gama tan extensa de los metales es sorprendente encontrar tan estrechas semejanzas en los diseños de las trafiladoras y en las reducciones usuales para los diferentes metales.- Así en la práctica es corriente producir alambres de aleaciones duras de acero con reducciones del 25-30%, en la misma forma que se hace con los metales no ferrosos más blandos.-

Para otros tipos de aceros existen records en la literatura que mencionan reducciones en la primera pasada hasta de 50% seguido del recocido, como sucede con el máximo permitido con los no ferrosos.-

En el curso de la evolución de la práctica usual, las reducciones efectuadas en cada pasada y la reducción total entre cada recocido han variado mucho.- Sin embargo, se ha standardizado, realizándose generalmente reducciones del 25-30% por cada pasada y del 30% en el caso de algunos metales no ferrosos.-

El recocido se ha eliminado siempre que ha sido posible, y hoy día el cobre es trafilado duro en todos los estados desde el rod (alambre) en adelante, en tanto que con la práctica antigua de un simple agujero, ello se hacía con varios recocidos intermedios.-

El número de reducciones realizadas en cada máquina de un tipo tandem o cono, ha variado mucho.-

Algunos diseños de máquina tipo cono presentan hasta 25 trafiladoras, pero las modernas trafiladoras presentan entre 12 a 17.- Las tipo tandem tienen entre 5 y 11 trafiladoras de acuerdo al tamaño del producto a obtenerse.-

Materiales para la trafiladora, mantenimiento y performance:

Trafilas de carburo de Tungsteno: son las más importantes contribuciones a la práctica del trafilado y merece especial atención.-

En un principio eran obtenibles solo pequeñas pastillas con una medida máxima de 13 mm. de diámetro por 9 mm. de altura y una medida común de 9 mm. por 6mm.-

Después de perforadas tales pastillas debían ser engarzadas en una caja de acero de modo de protegerla y dar un tamaño adecuado a la pieza para ser manejada y colocada en el agujero de la porta-trafiladora.- Esa primeras trafilas eran de calidad no uniforme y afectadas en su porosidad.

Dicha porosidad causaba roturas del alambre o de la trafiladora misma.- Todo eso unido a la resistencia de su uso por parte de los operarios, retardó su aceptación general e hizo que ello fuera un proceso lento en las trafiladoras de metales no ferrosos.-

Debe agregarse, que unido a los defectos de porosidad,- que también presentaba el inconveniente de ocluir los poros abiertos con partículas de metal o de óxido, que provocaban rayaduras si la trafilación continuaba-, que la performance de las trafilas de carburo en lo que respecta a los metales no ferrosos no están buena como sucede con los alambres de acero.- Ello puede atribuirse a la tendencia de los metales blandos de llenar los poros microscópicos de la trafiladora de carburo y rayar y arrastrar con ellos mínimas partículas de la trafiladora, agravando las condiciones.-

Ello explica el diferente comportamiento de las trafilas de acuerdo a su porosidad. Es evidente que solucionando el problema de las partículas de carburo se lograría una mejor trafilación de metales no ferrosos.-

En ese sentido recientes trabajos han dado resultado, y en el ensanchamiento de medidas disponibles que llegan hasta 0.80 y 0.50 mm. Ø si bien los actuales trabajos parecen no haber sido concluidos.-

Las primeras pastillas eran de forma sólida y debían agujerearse a máquina antes de ser llevadas al diámetro requerido.-

Esta última operación es generalmente efectuada en máquinas múltiples cabezas horizontales o verticales, pero nuestra experiencia en trafiladora recomienda las horizontales.- La medida y forma final se da a mano. Este es un proceso costoso que precisa muchas horas laborables y habilidad. Sin embargo, la mayor producción de alambres al disminuir el costo ha compensado en parte ese factor.-

Los adelantos en los métodos de manufactura, especialmente en lo que se refiere al proceso de incrustación han dado un mejor y más uniforme control de las pastillas y las primeras trafilas con núcleo fueron introducidas en la historia de las trafilas de carburo.-

Ellas son usualmente hechas por moldeo y trepanación en una etapa preincrustada, mientras el material se haya en un estado friable.-

Estudios del proceso han permitido obtener píldoras cada vez de mayor tamaño, aumentando la utilidad de dichos productos.-

Los métodos de manufactura por prensado en caliente, se desarrollaron rápidamente, resultando en una mayor densidad y en un grado de exactitud mayor, y dando matrices de un mejor pulimiento y menor desgaste.-

El diámetro standard para pastillas de carburo de tungsteno para trafilación normal de alambre se ha extendido ahora hasta 45 mm. Ø por 40 mm. alto, cuando la trafilas ha cumplido su vida útil a la medida para la que ha sido diseñada, son agrandadas por máquinas especiales y pulidas con polvos abrasivos o de diamante.- Si bien el polvo de diamante es un medio más caro, su eficacia compensa su costo y por ello se ha decidido por su exclusividad en el uso.-

La vida total útil de una trafilas es difícil de calcular y depende de su tamaño inicial y del desgaste en cada operación de rectificado, pero es obvio que ella es grande.-

En la práctica la trafilas es identificada con un número y se mantienen tarjetas con un control de las medidas sucesivas de ella a lo largo de su vida.-

Trafilas de diamante:

En la manufactura de alambres de metales no ferrosos, las trafilas de diamante se utilizan para las medidas muy finas, menos de 1.20 mm Ø aproximadamente.-

El uso de piedras preciosas para trafilas solo alcanzó un gran volumen con el desarrollo enorme que tuvo esta industria en el siglo 19 aunque ya se conocía antes.-

La gran ventaja de las mismas en su gran dureza y su larga vida, aún bajo condiciones de trabajo muy duras.-

Las medidas de estas trafilas de uso van desde 1.60 mm Ø.-

Desgaste de las trafilas.-

Muchas de las trafilas en la trafilación de metales ferrosos y no ferrosos, muestran el mismo tipo de desgaste.- Ellas mismas presentan un anillo de trafilado el que, a medida que aumentan los efectos friccionales, puede romper el alambre.-

Hay muchos factores que contribuyen al desgaste de la trafila y entre ellos podemos mencionar:

- 1º.- Lubricante o enfriador no adecuado o no suficiente.-
- 2º.- Materias extrañas en el alambre.-
- 3º.- Decapado o insuficiente lavado.-
- 4º.- Velocidad, temperatura y reducción en el trafilado.-
- 5º.- Diseño de la trafila (por ejemplo ángulos de entrada y extensión del cuello).-
- 6º.- Variación en la calidad del material de la trafila.-

En la práctica el mantenimiento de las trafilas es un asunto de rutina y aparece más conveniente separarlas del servicio para pulir y reacondicionar antes de que presenten defectos o dejen de ser útiles para el uso a que se destinan en ese momento.-

Otro aspecto teórico es el de la rotación de la trafila.- Teóricamente ello habría de resultar en una menor potencia, y mejoraría el rendimiento de la trafila.-

Ambos resultados han sido confirmados en las máquinas que aplican ese principio.- Las más severas condiciones de desgaste de la trafila se producen en la garganta o zona de acercamiento, en el punto en que se ponen en contacto el metal y la trafila por primera vez.-

Ello se manifiesta en el bien conocido anillo del trafilado que se forma allí, cuya intensidad depende de la naturaleza y limpieza del material trafilado, del lubricante utilizado, calidad y eficacia, y de las condiciones refrigerantes.- Puede decirse que mucho del desgaste de las trafilas se debe al calor friccional que afecta severamente a la trafila, como resultado de una imperfecta lubricación, lo que provoca un arrastre de granos de carburo no sostenidos, pero no hay que olvidar tampoco el efecto vibracional del alambre, especialmente con grandes velocidades de trafilado.-

Con la introducción hace 20-25 años de trafilas de carburo engarzadas, se causó la más grande revolución en la historia de la trafilación.- El ímpetu de este cambio todavía no ha terminado, pero la nece-

sidad de un mejoramiento de esta herramienta se mantiene.- La resistencia de la trafila de carburo al uso es muy superior que el del tradicional plomo.-

La importancia económica de la vida de la trafila no aparece inmediatamente debido al bajo costo de la misma, pero debemos agregarle el del mantenimiento o cambio de ellas.-

Si bien los tiempos para cambiar las trafilas son difíciles de estimar debido a que dependen del tipo de montaje, tipo de máquina, etc., acotamos como interesante los siguientes ejemplos:

- 1º.- En una semana de 128 horas de trabajo se gastaron 20 hs para cambiar trafilas y trabajos relativos a la misma.-
- 2º.- Una máquina moderna pierde $1\frac{1}{2}$ hs. cada 24 hs.-
- 3º.- Una pérdida anual estimada de tiempo por cambio de trafila es aproximadamente el 6% del tiempo de trabajo.-

El tiempo puede estimarse en 3 a 30 minutos para realizar ese cambio.-

La operación involucra numerosas acciones y el tiempo que toma cada una depende no solo de la habilidad del operador, sino de los proyectos y realizaciones en la planta.-

Los fabricantes de máquinas deben poner atención en proyectar con el equipo, especialmente cajas para standardizar las trafilas.-

Generalmente es conveniente cambiar las trafilas antes de que sean gastadas.- Las trafilas para terminación deben cambiarse con más frecuencia, teniendo en cuenta las estrictas tolerancias en las medidas de alambres.-

El aspecto más importante desde el punto de vista económico del problema de las trafilas es la relación entre la frecuencia de los cambios y su eficacia.-

La eficacia de una matriz depende de dos factores: uno inherente a ella y otro de las condiciones de trabajo.- En el primer caso intervienen, el diseño de los materiales de construcción y perfil, y acabado de la superficie.-

En el segundo deben considerarse la alineación entre el alambre y la trafila, refrigeración de la trafila, operación suave de la máquina, (engranaje y rulemanes en perfecto estado), limpieza y lubricación de alambre.-

El desgaste no es uniforme.-

Una trafila nueva se gasta a menudo, más al principio durante un período llamado de asiento.- Después viene un período de desgaste menor que luego es seguido por otro de rápido deterioro.-

El gasto de las partes internas de la trafila tampoco es uniforme.- Si obtenemos una réplica de una trafila sacada en azufre y grafito puede observarse las rugosidades de la superficie en las proximidades del anillo, el intenso desgaste y rugosidad en el anillo, el elevado pulimento en la zona de reducción y la poca rugosidad en la garganta de la trafila.- Esta diferencia en la superficie entre las diferentes porciones, es asociado con diferentes cantidades de metal gastado.- La acanaladura radial, llamada anillo, se desarrolla en el comienzo del servicio, poco a poco se va profundizando hasta transformarse en un surco longitudinal.-

Este surco causa muescas en el alambre y hace que la trafila deba deshecharse.- Este proceso es el mismo ya sea la trafila de carburo o de diamante.-

Analizando el jabón que sale de la trafila se ha confirmado que tanto en las de carburo de tungsteno como en las de cebalto, partículas de la trafila son arrastradas con el lubricante.- Experimentos realizados con sustancias radioactivas confirman lo que antecede, además las mismas partículas de la trafila salen adheridas al alambre.-

Medidas cuidadosas indican que la formación del anillo toma lugar donde el alambre toca las paredes de la trafila probablemente como resultado de la presencia de partículas de abrasivos en el lubricante, y se debería a un gran estrechamiento del alambre precisamente en esa zona.-

La formación del anillo es un fenómeno inevitable con el mecanismo de formación de la trafila y presenta siempre cualesquiera sea el material.- Puede ser mitigado manteniendo el ángulo de la trafila tan pequeño como sea posible dentro de los límites prácticos.-

Nos referimos siempre al desgaste como simétrico respecto al eje del alambre.- En la práctica actual eso es raro.- Una trafila redonda es casi inevitable que se vuelva "oval" aunque no muy pronunciadamente y la causa de ello es oscura, pero, es razonable creer que se debe a la ausencia del film lubricante en un lado del alambre o a alguna crosta de óxido que no ha sido sacada totalmente en el curso del decapado.-

PERFILES DE TRAFILAS

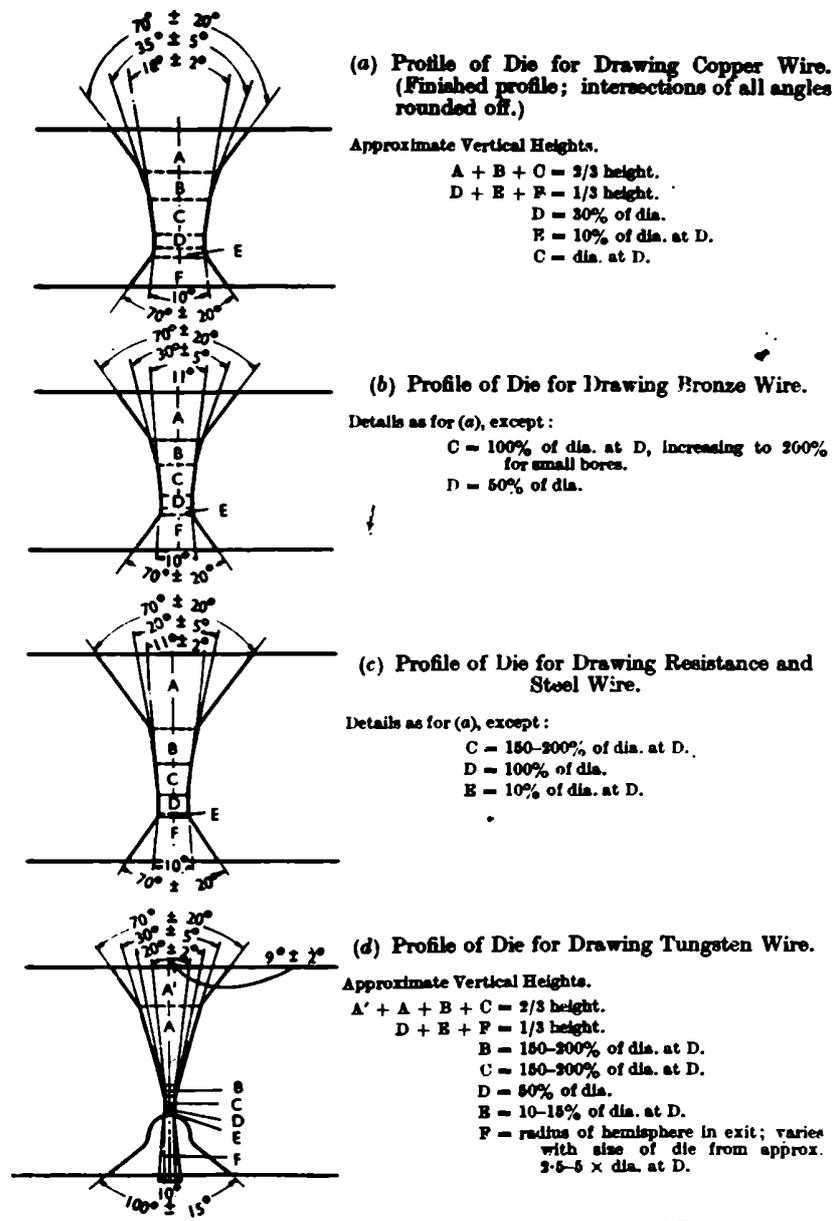


FIG. 2.—Die-Angles and General Dimensions of Diamond Dies.
KEY: A = Entrance; A' = Bell; B = Approach; C = Reduction angle; D = Bearing;
E = Relief; F = Exit.



Fig. 8.



Fig. 9.

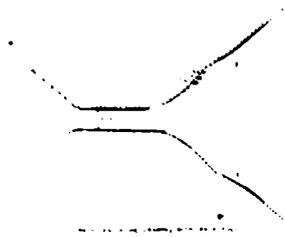


Fig. 10.

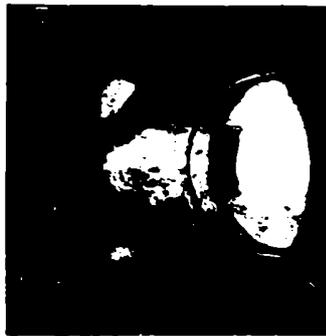


Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.

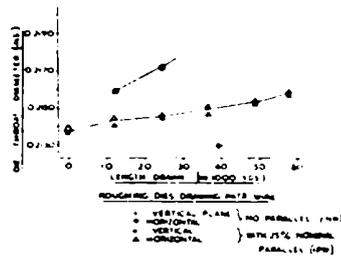
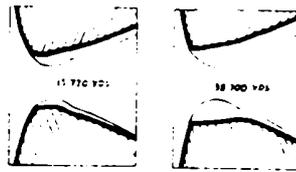


Fig. 14.



THROAT WEAR IN DIE WITHOUT PARALLEL

Fig. 15.

Angulo de entrada:

Para el cobre la inclinación más conveniente del agujero de la trafila es de 15-18°.- La resistencia a la reducción de sección que es máxima para inclinaciones suaves del agujero de reducción, decrece con el aumento del ángulo hasta cerca de 15° en que toma el valor mínimo.-

Perfil del agujero de reducción:

De las pruebas realizadas resulta que el perfil que determina el menor esfuerzo de tracción (a igualdad de otras condiciones) es el perfil cónico usual.-

Coefficiente de frotamiento:

La naturaleza del material de que está hecha la trafila tiene mucha influencia sobre la duración, pero tiene también una fuerte influencia sobre el coeficiente de frotamiento, no tanto por su naturaleza misma, sino por la aptitud que los materiales muy duros tienen de recibir una fuerte pulidura, que es de máxima importancia para reducir al mínimo el frotamiento durante el pasaje en la trafila y en el intento de producir un alambre trafilado bien liso en su superficie y de sección regular.-

La experiencia demuestra que la potencia economizada usando trafilas con agujeros bien pulidos puede alcanzar el 15%.-

Influencia de la conicidad del agujero de la trafila.

Cuando se leen datos referentes a la conicidad de las trafilas es necesario estar atentos para ver si se alude a la conicidad total o bien a aquella de una generatriz del agujero.-

La 1ª es doble de la 2ª, partiendo de consideraciones teóricas se ha demostrado (pérdidas internas y externas) que en la trafilación de los alambres se debe buscar un determinado ángulo para el que las pérdidas de deformación se reduzcan a un valor mínimo.- Para cada reducción existe un determinado ángulo del agujero para el cual se verifica el valor óptimo del rendimiento de deformación.- Tal ángulo se aleja con el aumento de la reducción de valcres pequeños de la conicidad, hacia valores mayores.-

El óptimo de rendimiento de deformación para un determinado ángulo del agujero, no depende del tipo de aparato utilizado.- Una máquina de tracción con una velocidad de solo 0,001 m. por segundo equivale en este efecto a un banco de trafilas trabajando a 0,4 m por segundo.-

Tampoco interesa el lubricante utilizado.-

Influencia del material que forma la hilera.

El material constituyente de la trafila tiene una influencia considerable sobre el esfuerzo de trafilación.- Con los materiales duros como son el carburo de tungsteno y el diamante, tal esfuerzo es notablemente pequeño.- Se ha verificado que con el aumento de la dureza del material de la trafila, el rendimiento de deformación mejora mucho más, manifestándose cuanto más duro es el material.- El material más duro no influye por lo tanto solo directamente sobre su dureza sino por la posibilidad de un mejor brillo y de un menor arrugamiento.-

Uno de los más importantes detalles de la trefilación y del que depende, en primer término, la bondad del producto es el utensilio para trafilar que puede tomar la forma de un disco o de una placa metálica con uno o más agujeros o bien la de un núcleo de material variado (la pastilla) forrado y encajonado dentro de un anillo metálico.-

A placa y a disco.-

Se distinguen en general cuatro tipos:

- 1º.- Trafila inglesa (recalcables en caliente).-
- 2º.- Trafila alemana (recalcable en frío y caliente).-
- 3º.- Trafila vienesa.-
- 4º.- Trafila de agujero único.-

Trafila inglesa: Es una placa de acero al cromo teniendo en general 1,8-2,5% de C. y 3-4% de Cr.- Para alambres muy duros se usan con contenidos de Cr. de 12-13%. La trafila viene provista de un mango para facilitar su manejo y tiene según el espesor del alambre a trafilar, de 12 a 18 agujeros, cuyos conos de entradas son dispuestos todos de un lado o alternativamente de un lado y del otro.- Es importante la exactitud del agujero de la trafila y a tal propósito se usan punzones cónicos que son forzados dentro de los agujeros a fin de que ellos alcancen la medida deseada.-

El cono de cada agujero es calculado de manera que a la entrada el diámetro máximo sea cerca de 0.2 mm. más grande que el del alambre a trafilar.- Para el alambren se hace aún mayor, a fin de prevenir cualquier irregularidad que pueda traer el cono de entrada.- La parte cónica de cada agujero tiene una longitud variable con el diámetro del alambre.- Para el primer alambren grueso (d. 5-5.5 mm.) tal largo va de 5 a

a 55 mm y para el segundo de 4 - 4.5 mm.- La parte cónica es completada con la fuente de lubricante que se prolonga por fuera casi cerca de 25 mm. En las máquinas para alambres medios el cono del agujero es de cerca de 4 mm, y para alambre de diámetro fino tiene 2,4mm.- Para alambres más delgados la longitud se tiene entre 2.5 - 3 mm.- Dicha longitud depende también de la reducción de acción que se produce en la trafila.- En el pasaje energético el cono es menor para disminuir el roce y con ello el desarrollo del calor.-

Los punzones necesarios para verificar los agujeros de la hilera son apertados en una máquina especial.- Ellos son de herramientas de acero, o de acero rápido, y su preparación requiere gran experiencia. Su rectificación es hecha convenientemente en amoladoras especiales.-

Para la puesta a punto de los agujeros de la trafila para alambres gruesos y medios gruesos, se precisan tres o cuatro punzones de diámetros diversos y con conicidad más o menos pronunciada y que son colocadas en la parte más larga del agujero y rotados continuamente.- Generalmente son lubricados con aceites.- Los últimos punzones son de conicidad más pequeña y el agujero de la parte más larga es así llevado a su medida deseada, pasándose luego a la más corta.-

Sobre la duración de los agujeros de una placa, solo pueden darse nociones generales porque ella depende de las circunstancias locales, en gran medida.- El ajuste de los agujeros debe hacerse luego de cada pasaje de madejas en los casos en que se requieran precisión en la medida de los alambres.-

El agujero agrandado con el uso puede volverse nuevamente a las dimensiones primitivas martillando la placa y volviendo luego a rectificarlo en la forma ya descripta con los punzones.-

En las trefilas inglesas ello se hace al calor rojo, debiéndose hacer el calentamiento en horno a mufla, gas a carbón, pero nunca en horno abierto para evitar el peligro de un calentamiento rápido e irregular.-

Al golpear la trafila, lo que se hace directamente con un martillo o a máquina, es necesario ver de que el material afluya hacia el centro desde todos los lados, de modo que el agujero se cierre poco a poco.

Las trefilas inglesas pueden ser sometidas a este proceso

de rectificación de 150 a 200 veces antes de ser inservibles.- Si luego de celentamiento se curvaran las placas, se enderezan colocandolas al rojo en prensas especiales y recociendolas luego.-

Las trafilas con agujeros más finos se obtienen con diamantes provenientes del Africa Occidental, de color amarillo claro.-

El agujero de trafilado debe ser perfectamente liso y no presentar ninguna discontinuidad, canaletas, escalones, angulos, cortes.- La verdadera y propia superficie de trafilado de la trafila, o sea aquella que se pone en contacto con el alambre no debe ser excesivamente grande cuando se trabaja con alambres dulces, porque puede dar lugar al llamado pellizcado del alambre.- Por otra parte, una superficie de contacto muy corta se gasta más pronto en el uso y es causa de un más pronto cambio de la hilera.- Tiene también influencia sobre la duración de la trafila, el lustre del canal.- Cuanto mejor y más fino, tanto menos se gasta la trafila.-

Por razones de economía el peso de las trafilas de diamantes es elegido muy pequeño.- Como el precio es hecho en base al peso en kilates, un diamante ligero cuesta logicamente menos.- Por otra parte un diamante pequeño se revela en el uso más caro por cuanto mientras uno robusto, de grandes dimensiones una vez inadecuado a su actual uso por el gasto, puede ser nuevamente rectificado a un agujero más amplio.- Eso no es posible con los diamantes más pequeños.- Además un diamante grande está más garantizado contra las hendiduras que se producen.-

El alto precio de los diamantes hace que en general solo sean utilizados para trabajar alambres muy delgados, por debajo de 1.5 mm de diámetro.-

Trafilas alemanas: Estan compuestas de una placa de acero de 0.8 - 1.5% de C. soldada sobre una segunda placa de acero de menor tenor de carbono.- Son usadas generalmente para alambres delgados.- Con respecto a las inglesas tienen la ventaja de un mayor número de agujeros pero son de menor duración.- En estas no es posible reducir el diámetro de los agujeros una vez agrandados si no es necesario cada vez utilizarlos para travilar alambres más gruesos.- La puesta a punto también es realizada con punzones.- Para aumentar su duración suelen hacerse placas con el mismo tipo de acero que el de las inglesas.-

Trafilas vienesas: Son de gran dureza y duración 3 - 3,5% de C. 1% de Mn 0,5 de silicio.- Se utilizan para alambres muy delgados.-

Trafilas de agujero único: Son utilizadas en las trafilas múltiples.- Son generalmente de acero al Cr.-

Trafilas a núcleo: Tiene una duración superior a las otras.- Podemos citar aquellas de diamantes y aquellas de carburos fundidos o sintéticos (trafila de metales duros).-

Trafilas de diamantes:

Se usan mucho en las trafilas múltiples para alambres delgados.- Constan de un diamante bruto provisto de un agujero sutil engarzado en una caja de acero.- Dada la elevada dureza del material solo después de un tiempo de uso muy grande puede apreciarse algún gasto en la hilera de modo que el material que puede ser trafileado en la trafilea sin cambiarla, es muy notable.-

El diamante destinado a este uso no debe presentar ningún defecto que disminuya su duración y principalmente fisuras, hendiduras, inclusiones grandes, ampollas que determinarían su rápido deterioro.-

El color del diamante no interesa a los efectos de su uso en tanto sean todos de la misma máxima dureza y mínima fragilidad.-

Trafilas de metales duros.

Para la preparación de las trafilas de metales duros se utilizan carburos metálicos fundidos o sintetizados.-

Estas trafilas se conocen en el comercio con los nombres más diversos: Carboloy, Elmarid, Firtholoy, Volomit, Wallramit, Widia, etc.-

Los carburos fundidos (trafilas del primer grupo) constan en la mayoría de los casos de carburos de Tungsteno o Molibdeno de las fórmulas WC y MO_2C los que pueden ser parcialmente sustituidos en algunos casos por Cr , Ti , Ta , Zr , etc., como asimismo por Fe , Ni , y Co , en medidas del 0,5 - 20% para atenuar la fragilidad.- La forma le es dada por fusión no siendo posible una forjadura ni en caliente ni en frío.-

Los materiales más utilizados para las trafilas del segundo grupo son carburos de Ta , Ti , Ta , Mo , de formulas WC , TiC , MoC , o respectivamente de mezclas de estos carburos a los que, de acuerdo al uso al que son destinados, se agregan del 3 al 15% de ligantes de bajo punto de fusión como Co , Ni , o Fe .-

En contraposición al primer grupo de carburos obtenidos por fusión, la preparación de este tipo de trafilas se realiza por vía metal o

cerámica, o sea, se forman cuerpos duros de determinadas formas partiendo de polvos metálicos que luego son sintetizados y aglomerados.-

Para este tipo de trefilas no es posible la forma, ni en caliente ni en frío.-

Los nucleos de metales duros se distinguen por una elevada dureza que alcanza casi la del diamante y por una excelente resistencia al uso.- La aptitud especial para la preparación de trefilas se manifiesta con una elevada duración del perfil del agujero que supera ampliamente aquella de los agujeros hechos en placas-trefilas.-

Solamente cuando se trata de diámetros por debajo de 2,64 mm con trefilas a nucleo de diamante, la duración de estas supera a aquellas de las trefilas a nucleo de metales duros.-

Con la utilización de las trefilas a nucleo se ha eliminado el frecuente cambio de los utensilios, porque pueden trabajar días enteros sin necesidad de control, y esto en las trefilas múltiples se traduce en un gran ahorro de tiempo.-

La granduración de las trefilas de metales duros permite elegir el peso de las madejas sin que sea de temer modificaciones en el grosor del alambre.- Se puede así mismo soldar entre si, varias madejas evitando la laboriosa operación de inserción del extremo de cada una, con notable ganancia de tiempo.- Una ulterior ventaja del uso de este tipo de hilera es el de permiti una más fuerte reducción de sección y una velocidad de trafilado mayor que con las hileras a placa.-

Es importante a los efectos de su deración que las trefilas sean periodicamente pulidas y lustradas.-

El tamaño del núcleo de la trefila debe ser elegido cuidadosamente de acuerdo al plan de trabajo de la trafilación.- Deberá darse a la trefila una dimensión tal, que de acuerdo al diámetro del alambre a trafilarse no corra peligro de rotura y permita con el desgaste su utilización para trafilarse alambres de mayor grosor.- El pulido y lustrado de las trefilas se hace en máquinas especiales.- El lustrado de las trefilas a núcleo de metales pesados se hace con polvos de diamantes de diversos grosores.-

Usando las trefilas de metales duros en la trafilación de metales gruesos se tiene un fuerte desarrollo de calor, especialmente si se usan lubricantes del tipo de jabón seco o grasas.- En tales casos se utili

zan trafilas con cajas refrigeradas.- En caso de quererse trafilar perfiles cuadrangulares, exagonales o planos, se utilizan trafilas constituidas de una serie de piezas que llevan el metal duro y que pueden desplazarse con tornillos de modo de darle las dimensiones requeridas.-

Control de las trafilas.-

La forma del agujero de las trafilas es de fundamental importancia para asegurar la calidad del producto obtenido y para la duración de la trafila misma.- Es por ello imprescindible que ella tenga el perfil debido.-

El control realizado con una lente como suele hacerse, no basta, porque aun el ojo ejercitado no puede reconocer siempre las pequeñas diferencias en el perfil de una trafila, de la que depende a menudo la calidad del producto.-

Mejor afinamiento dan en cambio los microscopios especiales contruidos a tal efecto.- Merced al retículo especial que aquellos traen es fácil leer la medida del agujero de la trafila.-

Con todo, los dispositivos a proyección puestos en uso para la medida del diámetro de las trafilas, son superiores a los microscopios porque no solo permiten aquella medida sino que asimismo es posible apreciar la forma exacta del cono de la trafila.- Esta medida de control es particularmente simple en el caso de las trafilas a núcleo de diamante, en las que el diamante antes de ser engarzado se talla lateralmente con dos caras paralelas que permiten la observación por transparencia mediante proyecciones luminosas con un diseño oportunamente extendido.-

Las trafilas de metales duros no permiten naturalmente una verificación tal.- En dichos casos no se controla la trafila verdadera y propia sino que un trozo de alambre se ha utilizado como prueba de la trafila luego que ha recibido la imagen de aquella.- A este propósito sirven calibres medidores del ángulo de la trafila.-

EL PROCESO

Como ya se ha dicho en la trefilación en general, si un me-

tal dado sufre una reducción de sección en una trefila, el esfuerzo necesario para esta reducción es proporcional a los siguientes factores.-

- 1) Proporción de la reducción de sección.-
- 2) Angulo de entrada del cono en la trefila.-
- 3) Al perfil del cono de reducción.-
- 4) Coeficiente de arrugamiento externo, el cual es función de la naturaleza y estado de pulido de la trefila como también de la naturaleza y estado de conservación del lubricante utilizado.-
- 5) Velocidad de trefilado.-
- 6) Resistencia a tracción antes y después de la deformación.-

Reducción de sección:

Mientras en el caso de trefilación de alambres de hierro el esfuerzo necesario para una dada reducción de sección superior al 30% es ligeramente inferior a la ley de proporcionalidad, en el caso de reducciones de sección en alambres de cobre, el esfuerzo de trefilación es enteramente proporcional.-

Preparación del alambrón para someterlo al proceso de trefilación.-

A fin de que el alambrón pueda ser introducido en el agujero de la primera trefila para ser estirado, debe presentar en su extremidad anterior una reducción de sección o punta cónica que se puede obtener con diversos procedimientos.-

En la antigüedad se utilizaban golpes de martillos para hacerla, luego el limado, pero el consumo de piedras de esmeril y la pérdida de material en cada operación la hacen antieconómica, dando lugar a las máquinas "saca puntas".-

Las máquinas sacapuntas constan de una caja con dos cilindros paralelos acanalados que rotan en sentido inverso y con movimiento alterno, son pequeñas laminadoras, de ese modo determinan un alargamiento en la punta del hilo introducido.-

Estas máquinas pueden ser accionadas a mano con manivelas o mecánicamente con una transmisión.- Otro tipo de esta misma máquina aplica un movimiento rápido de un juego de martillo que le dan una punta bien redondeada (desconocemos su rendimiento).-

Se propuso, pero no resulta práctico para el cobre, máquinas sacapuntas eléctricas.- Estas toman entre dos morsas la extremidad del alambre,- hacen pasar corriente hasta que el hilo esté rojo, lo estiran luego

hasta que se rompe, dando con esta ruptura una punta alargada en forma de cono que se adapta perfectamente a la pinza de tracción luego de pasar por la matriz o trefila.-

Pará los alambres de formas no redondas, se utiliza como procedimiento sacapuntas, colocar la extremidad en acido que van comiendo el cobre primero en sus irregularidades, aristas, etc., pero los procedimientos mecánicos son los más comunes.-

Si uno observa los rollos de alambrón que se entregan a fábrica para su elaboración se sorprenderá de su color, pues es negro.-

El alambrón laminado en caliente (que es el más común), toma un recubrimiento de óxidos llamado escama de laminación, la que por otra parte también se forma en el proceso de recodido si no se toman precauciones rigurosas sobre el ambiente reductor del horno.-

Las capas de óxido son duras e indeformables y en el pasaje a través del agujero de la trefila hace a esta, en muy poco tiempo, inservible para su uso.- En consecuencia es necesario leberar primeramente el hilo de su película de óxido que lo recubre de modo que presente una superficie metálicamente pulida, lo que se consigue mediante el decapado.-

El material mal decapado, especialmente aquel que presenta sobre la superficie restos de óxidos, provocan defectos en el producto final y un rápido deterioro de las trefilas.-

La eliminación de la capa de óxido puede hacerse por vía mecánica o por vía química.- Es difícil eliminar completamente el estrato de óxidos solamente por vía mecánica.- Si la práctica señala aún su uso, es solo para conseguir eliminar la mayor parte del oxido para luego poder efectuar la eliminación total por un breve ataque químico final.-

El dispositivo utilizado para el decapado mecánico consiste generalmente en una serie de cilindros acanalados, paralelos, entre los cuales se fuerza a pasar el alambre de modo que la frecuente flexión alterna da que sufre el alambrón provoca la separación en gran parte de óxido.-

Además por batido el alambre sobre batidores, se acostumbra a eliminar parte del óxido, pero este procedimiento es aplicable solo a las medidas menores, por su mayor flexibilidad.- Nosotros hemos probado con éxito, el cepillado con cepillos de alambre de acero, pero es antieconómico. La separación completa de los óxidos forma os sobre el alambre, tiene lu-

gar luego con un tratamiento químico mediante el lavado del alambre con ácidos minerales diluïdos.- Generalmente se usan a tal efecto ácidos súlfuricos o clorhídricos, en casos especiales se utiliza nítrico o mezcla de ácidos.-

Reacciones químicas que tienen lugar durante el decapado.-



La diferente composición de las capas de óxidos que se forman hacen que este proceso de decapado no sea un método uniforme sino que deberá adaptarse a cada tipo de óxidos que se formen.-

Una gran parte del óxido es separado por la acción mecánica de las burbujas de H_2 que se forman por ataque del metal al ácido.-

Es más fácil eliminar por vía química el óxido de laminación que el de recocido.- Si la capa de óxidos tiene espesores irregulares, que es lo más frecuente, el material es sumamente sensible a un baño prolongado de ácidos y en consecuencia el cobre que pasa a solución puede alcanzar cantidades importantes.-

Cuando se utiliza el recocido en baños de aceite templado, las grasas y/o aceites que quedan pegados al alambre hacen que el tiempo de decapado sea mayor con la consecuente mayor pérdida de material.-

El SO_4H_2 es suministrado en el comercio con una concentración 78-96%, corresponde a una densidad de 60-66% Be.-A esta concentración y a temperatura ambiente el ácido no reacciona con el cobre.- Es fundamental que el ácido suministrado esté exento de arsénico pues este precipita sobre el alambre debiendo prolongar el tiempo de decapado siendo difícil su eliminación en tratamientos posteriores del alambre, por ejemplo el es tañado, creando así nuevas dificultades.-

Si bien no podemos fijar concentraciones fijas dañinas de arsénico, podemos generalizar diciendo que 10 mgr por litro es lo máximo admisible.- Sobre el proceso de decapado tiene gran importancia la temperatura y la concentración en el líquido de ataque y la cantidad de SO_4Cu presente.- Un aumento de la temperatura disminuye la duración del ataque mientras la concentración en SO_4H_2 tiene una acción variada.-

Existe una concentración óptima de ataque pasando la cual

se obtiene una reducción en la velocidad de ataque, en nuestras experiencias esa concentración es del 12%.— También la acción del SO_4Cu es notable, su presencia en el SO_4H_2 ejerce una acción catalítica negativa sobre la atacabilidad del cobre metálico favoreciendo en cambio el ataque de la capa de óxido; a este concepto ha conducido la experiencia práctica de trabajar con baños regenerados.— Llegando en oportunidades a su utilización exhaustiva mientras es común ver el agregado intermitente de ácido en otras oportunidades para el mantenimiento de la concentración.— Siempre es la cantidad de SO_4Cu presente la que obliga a regenerar el baño; pese a lo que se obtiene una acción decapante muy irregular por la disminución de la concentración de H libre.— Cuando se tiene una máquina en régimen se puede adoptar un método mejor que consiste en mantener el baño con una concentración casi fija de ácido.— Para decapar hilos recocidos se deben preparar baños más débiles, alrededor del 8%.—

Decapado con HCl

El ácido clorhídrico comercial usualmente se encuentra en concentraciones de 18 a 20° Be, es decir unos 28 34%.— La velocidad de decapado crece muy sensiblemente con la concentración del ácido en el baño, hasta que la misma llega a un valor del 10% a partir del cual el aumento es menos evidente.—

La influencia de la temperatura es también muy notable, a diferencia con el ácido sulfúrico, el clorhídrico presenta ya a bajas temperaturas, velocidades de ataque muy grandes por lo que industrialmente se decapa generalmente a temperatura ambiente.— El baño se calienta solo cuando el material a decapar presenta escamas difícilmente atacables y nunca más allá de los 50° C para evitar, por ser el ácido muy volátil, una pérdida excesiva y la consiguiente molestia al personal a cargo del baño.—

Existe una relación óptima de solubilidad del ClCu y SO_4Cu a efecto de la cual se facilita el decapado del alambre.—

El residuo de los baños de decapado con HCl no tienen interés comercial, mientras que el de los baños con SO_4H_2 si lo tienen; formando el cemento de cobre que se obtiene por acción de virutas de hierro sobre los baños de SO_4H_2 .—

En la trefilación de aleaciones de cobre, bronce, etc., se utilizan mezclas de ácidos ClH , SO_4H_2 y NO_3H en proporciones diversas, fun

ción generalmente de las proporciones de los materiales utilizados.-

Inhibidores moderadores del decapado.-

La reacción del decapado cuando es realizada sin ningún control es perjudicial desde algunos puntos de vista, como ser consumo excesivo de ácido, calentamiento fuerte del metal, fractura por debilitamiento de metal y la formación de las llamadas escamas de decapado.-

Debe evitarse la presencia de materia orgánica en los baños, especialmente polvo de carbón, muy frecuente cuando el alambroón ha sido previamente recocido, pues dichas sustancias tienen una acción catalítica negativa sobre el decapado.-

Se encuentran en el mercado numerosos productos llamados moderadores o inhibidores.- Se trata de subproductos de la depuración de aceites y parafinas, productos resinosos, compuestos de peso molecular elevado conteniendo Nitrógeno, Azufre, Albuminoideos, etc.-

Un buen moderador, debe cumplir con determinados requisitos

- a) Debe bastar agregados pequeños de 0.05% a 0.1% para tener una acción eficaz.-
- b) No debe modificarse en la acción del proceso del decapado, ni en la temperatura en que se opera.-
- c) Debe ser fácilmente soluble en el baño y no debe ensuciar el alambre decapado.-
- d) No debe hacer espumar el baño porque con la espuma se pierde parte del moderador.-
- e) No debe perder la eficacia de su acción, con el tiempo de permanencia en el baño.-
- f) No debe alterar la calidad del sulfato de cobre formado o de cualquier otro subproducto.-

El uso del moderador aparte de disminuir las pérdidas del metal y el gasto de ácido lleva un ataque más regular del alambre, y evita el decapado en exceso, la formación de vapores molestos, la fragilidad y formación de escamas.-

Instalación del equipo de decapado.-

La posición de una instalación de decapado debe ser elegida de modo de evitar en lo posible todas las molestias que el ácido pueda ocasionar, para ello especialmente se lo debe aislar del resto del establecimiento.-

El decapado se efectúa en piletas con forro de plomo, pero cualquier vasija suficientemente sólida y de dimensiones no muy grandes se adapta a dicha tarea, nuestra experiencia nos muestra desde tinajas de madera hasta vasijas de gres.-

Dan óptimo resultado las piletas hechas de un solo block de piedra, tomando la precaución de que la piedra no contenga vetas calcáreas pues en esecaso el ácido la atacaría y desaparecerían en poco tiempo.-

Ultimamente se aplican piletas con recubrimientos de cerámica o resinas ácido-resistentes.-

Los tamaños y formas de las mismas son de las más variadas aplicandose a cada necesidad particular, como para cobre no se necesita calentar se evita la instalación de camisas y serpentinas de vapor para elevar la temperatura del baño.-

Es conveniente por el transporte de los materiales la instalación de las piletas paralelamente o en círculo según se utilice grúa puente o grúa bandera.-

Para acelerar el proceso y mejorar la uniformidad conviene mover el material y no dejarlo en el fondo, ello se logra imprimiéndole al baño un movimiento alternativo o subiendo y bajando el material con gruas.-

Los rollos a decapar a veces se acostumbra a colocar dentro de cestas de madera, hierro o bronce, llamadas "cesta de decapado", con el auxilio de una grúa, esta cesta se sumerge en el baño de decapado.-

Más comunmente se utilizan ganchos que toman el rollo y lo sumergen ello facilita el íntimo contacto con el ácido y la caída de los óxidos formados.-

Decapado electrolítico.-

Este ofrece la gran ventaja de no necesitar ácido, el principio es el de la electrólisis común, pero con la modificación del cobre deberá actuar como ánodo con lo que se evita el desprendimiento de hidrógeno y una de las posibles causas de la fragilidad observada luego en la trafilación.-

Otro procedimiento coloca el cobre en el baño electrolítico pero sin contacto directo con ningún polo.-

Como soluciones electrolíticas han sido propuestas soluciones salinas o también soluciones ácidas, no son aconsejables las soluciones básicas pues se eleva mucho la temperatura.-

Tratamiento del alambre decapado.-

El tratamiento final del alambre decapado depende del campo de aplicación del producto acabado.-

a) Lavado del alambre.- Como primera operación en todos los casos el alambre es sometido a un lavado a fondo para liberarlo del ácido que aún queda adherido.- Se realiza sumergiendo los rollos dentro de piletas llenas de agua o bien sometiéndolas a un fuerte chorro de agua.-

b) Tratamiento con cal.- En muchos casos después del decapado y lavado tiene lugar un tratamiento con lechada de cal para neutralizar los últimos restos de ácidos e impedir la oxidación del alambre.-

Por otra parte la cal adherida a la superficie del alambre saponifica en el proceso siguiente a la trafilación, al lubricante orgánico, con lo cual ejerce una influencia favorable en la trefilación misma.-

El tratamiento es realizado simplemente sumergiendo los rollos en lechada de cal (en ebullición).- La lechada es obtenida disolviendo en 8 o 10 partes de agua, parte de cal apagada (por cada tonelada de material son necesarias de 2 a 3 kgs. de cal apagada).-

Para obtener un depósito más abundante, se sumergen los rollos 2 o 3 veces en el baño, dejándolos escurrir después de cada inmersión (el calentamiento de la lechada de cal se hace con inyección directa de vapor que al mismo tiempo mantiene a la cal en suspensión impidiendo depositarse; si el calentamiento es indirecto debe mantenerse el baño homogéneo por medio de agitadores).- En lugar de cal puede usarse como medio de neutralización, fosfato trisódico, especialmente porque le da importancia a la brillantez del alambre acabado.- Las piletas para la lechada de cal se hacen de cemento.-

c) Algunas técnicas europeas recomiendan una última etapa en el trabajo de decapado, es el secado del alambre que en un principio se realizaba generalmente colocando los rollos cerca del horno de recocido o bien dejándolos estar al sol.- Además del propósito del secado este tratamiento debía permitir la expulsión del hidrógeno absorbido durante el decapado, eliminando a la fragilidad consiguiente.-

El alambre solo podría ser trafilado a cabo de 24 horas.- Actualmente este proceso tiene lugar en hornos especiales en los cuales son introducidos los rollos dentro de vagonetas.- Se las mantiene dentro del mismo 2 o 3 horas a 100 o 150° C.- Tales hornos precisan un tiraje energético para eliminar e

vapor de agua que se desprende, el calentamiento puede realizarse directamente o utilizando los humos del horno de recocido.-

Fundamento de la trafilación:

Durante el proceso de trafilación el material es sometido a la influencia de fuerzas de tracción actuando en sentido longitudinal y fuerzas de compresión actuando en sentido radial determinadas por las paredes del agujero de la trefila, con lo cual se lo reduce a una sección correspondiente a aquella de salida de la trefila y al mismo tiempo es alargado.-

El trefilado puede considerarse, en cierto modo, como un trabajo complementario del laminado o del prensado por extensión, puesto que producto normal, el alambre, se obtiene de barras o alambres más gruesos procedentes, normalmente también, del proceso anterior.-

Se diferencia del laminado, en que su elemento de trabajo (la trefila) es inmóvil y el estirado del material obedece a un principio mecánico inverso.-

La trefila, es una plancha de acero en general, que presenta unas perforaciones cónicas ligeramente abocinadas en sus extremos.- Por el lado más ancho de esas se introduce el material previamente aguzado, aplicando al extremo saliente de la cara opuesta de la trefila una tracción en sentido del eje del alambre.- El efecto de dicha fuerza favorece el estirado inherente a la disminución del diámetro a que se obliga el material

El corrimiento de moléculas es, como ya se ha indicado, inverso del laminado, por cuanto en este caso la periferia queda comprimida contra las paredes de la trefila, disminuyendo la presión al aproximarse al eje del orificio.- Por ello, si se trazaran una serie de planos diametrales en la parte no trefilada, la deformación del mismo sería de convexidad contraria a la que se produciría en el caso del laminado.- La instalación completa que se precisa para este género de trabajo es de gran sencillez; consta de un banco o bancada horizontal, en cuyo centro se monta la trefila

En los extremos van dos tambores; uno de ellos A, en el que se arrolla el material que ha de ser trefilado y otro B, que lo recibe después del trabajo.- El tambor A, es loco sobre su eje, mientras que el B tiene un movimiento de giro regulable, en relación con la clase de material con la reducción a que se le somete, etc.-

Al objeto de reducir en lo posible el efecto apuntado y dar también a la superficie exterior un acabado más fino, se recubre el metal de ciertas sustancias (grasas, jabón, cinc, etc.), antes de someterlo al estirado.-

Cuando se trata de fabricar alambres de sección pequeña, es preciso recurrir al procedimiento de formar sobre el hilo que ha de estirarse, una capa concéntrica de otro material, igualmente dúctil y someter el nuevo alambre compuesto, al trefilado.-

La capa exterior se elimina después de terminada la operación, mediante un disolvente apropiado que no ataque al material del núcleo.

Para el trefilado de alambre de acero de gran resistencia, se parte del de unos seis milímetros de diámetro (laminado), decapándolo en agua acidulada (Cl H), empleando como suavizante el jabón o una capa de cobre.-

Mecanismo de la deformación:

Una mejor y más clara interpretación de lo que sucede en la trefilación se consigue con el conocimiento de la estructura íntima de los metales.- Un metal compacto es constituido de un conglomerado de pequeños poliedros dispuestos irregularmente unos vecinos a otros, cada uno de los cuales pueden ser considerados como un individuo cristalino, por si esto permite explicar las variaciones de las propiedades en un único cristal en función de la dirección (anisotropía).- Admitiendo una disposición regular de las distintas partículas elementales dando origen al llamado reticulado especial del cristal.-

La cristalografía enseña que la deformación plástica de un cristal así constituido, puede suceder por efecto de fuerzas aplicadas solo por deslizamiento recíproco de partículas singulares del cristal, según planos determinados del retículo, que son los llamados planos de clivaje.- Por composición de diversos deslizamientos de este tipo, pueden obtenerse deformaciones más o menos complejas.-

El aumento en la resistencia que se verifica durante la deformación en frío, puede ser atribuido a una posible disminución en el deslizamiento que es lógico admitir que se haga más difícil a medida que aumenta la deformación.-

Por efecto de la posición desordenada de los varios cristala-

les en un metal, la deformación no comienza simultáneamente en todos, a menos que sea superado un cierto umbral de fuerza, comenzando solo en aquellos en los cuales los planos de deslizamiento coinciden con las direcciones de mayor fuerza aplicada.- De tal modo, la deformación plástica interesará todo el cuerpo solo después de un cierto tiempo.-

En los casos en que son necesarias grandes deformaciones, se usan como regla subdividir el proceso de trefilación del alambre en varias etapas llevando luego de cada una de ellas el material a su estructura inicial mediante un recocido intermedio.-

Indicaciones muy valiosas sobre el mecanismo de la deformación en frío se han conseguido mediante el auxilio de las investigaciones de estructura con los rayos X.-

Así se examinan los espectrogramas correspondientes a un alambre que no ha sufrido ningún trabajo de deformación en frío y otro correspondiente a un alambre 80% trefilado, es posible notar que la posición de las líneas de interferencia no han sufrido ningún desplazamiento notable luego de la trefilación.- Ello significa que en ambos casos se presenta la misma estructura especial o sea que la trefilación no ha determinado ninguna variación en el reticulado.- Sin embargo se reconoce claramente que mientras las líneas de transferencia del alambre recocido son uniformes, aquellas del alambre deformado en frío representan algunos máximos de ennegrecimiento dispuestos simétricamente a la línea del eje horizontal del espectrograma, en tanto en otras partes ellas se debilitan o desaparecen por completo.- Esto es interpretado en el sentido de que con la trefilación en frío la orientación de los cristales originariamente desordenados, ha tomado ahora una dirección preferencial.- Se ha creado así alrededor del eje del alambre, una anisotropía de los cristallitos simples, cada uno de los cuales con el aumento de la reducción de sección tiende a asumir una dirección más cercana a la paralela en ese punto, al eje del alambre y a la dirección principal de deformación del alambre.-

La disposición simétrica de los planos cristalinos respecto a la dirección principal de deformación presenta la orientación para la cual la tensión necesaria a superar la resistencia, a la traslación sobre la superficie de clivaje, representa un valor máximo relativo.- En

una deformación progresiva en frío, se verifica poco a poco una rotación de los granos cristalinos hacia una posición final simétrica de máxima resistencia al deslizamiento.-

Repartición de la tensión en la trefila.-

En la trefilación, del alambre de sección circular, las deformaciones en sentido radial y tangencial, son idénticas.- En base a las leyes del flujo del material, la tensión transversal radial y tangencial deben ser iguales obteniéndose para el proceso simple de trefilación, no tomando en cuenta, el aumento de resistencia al disminuir la sección una repartición de las tensiones.- Las fuerzas de tracción longitudinal aumentan desde 0 (a la entrada del agujero) hasta un valor máximo a la salida, mientras las tensiones transversales disminuyen en manera correspondiente a la salida.-

Esta repartición de las tensiones se aproxima a la situación real en el caso de trefilas alargadas y de buena lubricación en el cono de la trefila.- Por cuanto, por el aumento de ángulo de apertura del agujero, se aleja siempre más de la repartición uniforme anteriormente indicada.- Así se ha constatado que las tensiones longitudinales aumentan en este caso de la periferia al centro.- Es posible verificar un aumento de las tensiones longitudinales en la zona periférica, al crecer la reducción de sección hasta alcanzar un valor máximo que depende del tipo de material y de las condiciones de trefilación.- Con reducción de sección aún mayores, las tensiones en la zona periférica se suman de manera particular con las presiones transversales.-

Grado de deformación en la trefilación:

A las reducciones obtenidas por trefilación se les pone un límite, y en cuanto a las tensiones longitudinales que se crean en el alambre deben resultar siempre inferiores a las resistencias a la tracción del material, teniendo presente el endurecimiento operado en la deformación.-

Con el nombre de "grado de deformación": se indica el cociente entre las tensiones longitudinales medias y las resistencias a la tracción durante la trefilación.-

A causa de la irregular repartición de las tensiones en las secciones del hilo, de las inevitables imperfecciones del material y a los choques del ingreso del alambre a la trefila el grado de arrugamiento (o grado de deformación) no debe superar el valor de 0,75 aproximadamente.-

Por lo tanto la máxima reducción de sección obtenida en un pasaje no debe superar el 45 al 50%.— La práctica de la trafilación raramente supera una reducción máxima del 40%, a fin de prevenir una deformación muy fuerte, y en consecuencia, la aparición de heridas internas.—

En nuestra práctica hemos obtenido valores economicamente convenientes, con reducciones no mayores del 10% por pasada.—

Sobre la base de los resultados experimentales, estudiaremos los parametros, que influyen el esfuerzo de trafilación, la resistencia a la deformación y el rendimiento.— Las experiencias son realizadas en parte, sobre una máquina para probar tracción y en parte sobre un banco de trafilas y una trafila a bobina.—

El control del esfuerzo de trafilación en los experimentos con la máquina de tracción, fué obtenido mediante un cojinete hidráulico que actuaba sobre un manometro, en cambio, en las pruebas de trafilación practicadas sobre el banco y sobre la trafila a bobina, debe unirse por un sosten especial a la misma el cojinete hidráulico y el manómetro.—

En ambos casos un registrador manométrico trazaba automáticamente los diagramas de los esfuerzos de trafilación.—

El aumento de la resistencia a la tracción del material, aumenta el esfuerzo de trafilación, el esfuerzo de trafilación es función lineal, a igualdad de diámetro inicial del alambre y a igualdad de reducción de sección en cada pasaje con la resistencia media a la deformación (valor medio de la resistencia a la tracción antes y después del trafilado).—

Sumando el esfuerzo de trafilación en cada pasaje con aquellas de los pasajes precedentes, se tienen el esfuerzo total del trafilado que es necesario para obtener una determinada reducción de la sección en caso de pasajes sucesivos.—

Influencia del lubricante.—

Los lubricantes más usados son: aceites de colza, nabo o de ricino, grasas, jabones lubricantes, aceites minerales solubles, grasas de soda o cal, etc.—

Las pruebas efectuadas permiten decidir que los rendimientos más elevados se obtienen con los aceites y jabones alcalinos.— Es también notable el avance del rendimiento a valores más elevados cuando con valores del ángulo de apertura mayores se utilizan lubricantes menos adaptados.—

Las grasas a la soda o cal han resultado los menos adaptados. En lo que respecta a los valores del esfuerzo de trafilación, los valores más bajos se han obtenido con polvos de jabón y los mayores con los aceites.- Esto con trafilas de Widia, entanto con trafilas de diamante, los lubricantes líquidos han dado los menores valores.- También debe tenerse en cuenta el aspecto de la superficie del alambre en relación al lubricante utilizado.

En el caso de los jabones el alambre presenta un estrato adherente de lubricante lo que le da un aspecto opaco en tanto el alambre trafilado con lubricantes líquidos muestra una superficie limpia y brillante.

Influencia de la velocidad de trafilación.-

La influencia de la velocidad de trafilación sobre el esfuerzo ha sido estudiada y se ha encontrado una disminución del esfuerzo mismo al crecer la velocidad lo cual ha sido por otra parte desmentido por otros investigadores.-

Una explicación de la disminución del esfuerzo de trafilación con el aumento de la velocidad, debe ser buscada en los fenómenos que se verifican durante el proceso de deformación en el entorno de la trafiladora.- Probablemente con el aumento de la velocidad se insinúa en el agujero de la hilera, una cantidad mayor de lubricante por lo que se favorece la formación de una capa de lubricante sobre la superficie del alambre.- Con ello se obtiene al mismo tiempo un mejoramiento del coeficiente de deformación en el agujero, el cual, a su vez determina una reducción de la resistencia al movimiento y mejora el rendimiento de deformación.- Como conclusión puede decirse que una velocidad elevada no empeora el rendimiento de deformación, por el contrario, puede observarse un cierto mejoramiento.-

Influencia de la reducción de sección.-

La influencia de la reducción de sección se manifiesta con un aumento de la fuerza de trafilación al crecer la reducción misma, no obstante el mayor rendimiento de deformación.-

Influencia de la temperatura.-

Las pruebas efectuadas han permitido decidir que a igualdad de reducción y velocidad de trafilado, una disminución del esfuerzo y en consecuencia un mejor rendimiento de deformación con el aumento de la temperatura.-

Ello puede explicarse pensando que a temperaturas elevadas la capa adherente al lubricante disminuye sensiblemente y con ello el esfuerzo

de trafilación.- El límite de lubricar se verifica por adquisición de una fluidez muy grande, con el consiguiente arrugamiento de la superficie del alambre al interrumpirse la continuidad del velo protector de lubricante. Este límite es función del material, y para cada uno hay una temperatura que podríamos llamar "crítica", por cuanto por encima de ese valor, las pérdidas por arrugamientos aumentan fuertemente a causa de la rotura del velo anteriormente mencionado.-

Influencia de una rotación de la trafiladora.-

Se han efectuado experiencias de trafilado manteniendo la trafiladora en rotación, y se ha observado que la tensión del alambre durante el trafilado era notablemente menor si la trafiladora rotaba, observándose una disminución de tensión del 75% con 3.300 giros por minuto.-

Se han construido en el pasado máquinas con trafiladoras rotando a cerca de 60 giros por minuto, en esa forma se conseguía un uso uniforme del agujero mismo, una sección del hilo siempre redonda, una mejor eliminación del polvo metálico en el agujero y por tanto, una mejor lubricación.

Conclusiones para la buena marcha de la trafilación.-

La economía del proceso exige llegar a la sección final con el menor número de pasajes y en un tiempo si es posible breve, siempre que la deformación se realice de modo de evitar con seguridad, perjuicio al material, especialmente por "arrugamientos" muy rápidos.-

La obtención de estos propósitos es facilitada por el hecho que el rendimiento de deformación aumenta con el aumento de la reducción, y no es prácticamente influenciada por el aumento de la velocidad de trafilación.- Lo que limita el uso de más elevadas velocidades de trafilado es muchas veces la vibración.-

En los bancos de muchas campanas con giros constantes, la velocidad en cambio alcanza pronto, con el simple acoplamiento del tambor con el árbol del motor (eje) a muelle, que es usado en general, para velocidades de 4 m/seg, es suficiente, en el supuesto caso que la junta sea bien colocada u no se rompa.- Para velocidades superiores a 4 m/seg. se debe recurrir a dispositivos de acoplamiento especiales, que permitan, por ejemplo, el movimiento de cada tambor independientemente de los otros, a velocidades primeramente reducidas, y luego, gradualmente aumentadas hasta velocidades máximas.-

Además en la trafilación a elevada velocidad es necesario

adoptar una serie de protecciones para la defensa de los operarios.-

El refuerzo del tambor con nervaduras circulares es muy conveniente para evitar su rotura por fuerza centrífuga, aunque para la reducción hay un límite, por el hecho de que las tensiones longitudinales del hilo trafilado deben siempre permanecer por debajo de la resistencia a la tracción del material, teniendo también en cuenta por un lado el rendimiento motivado por la trafilación, y por otro lado, de la desigual repartición de las tensiones a la salida del agujero.- La reducción de sección en cada pasaje no debe superar al 40%.-

La velocidad económica de trafilado de secciones pequeñas, tiene un límite máximo fijado tanto por las características constructivas de la máquina, el sistema de tracción del alambre (arrugamiento sin roturas), y razones prácticas.-

Cuando se tienen alambres de sección mayor o de material diferente la experiencia ha demostrado que la velocidad debe ser mantenida baja, si quiere evitar un daño al alambre.- El motivo reside en el hecho que con grandes velocidades, no se alcanza un equilibrio de la temperatura de los varios puntos del alambre (debido a deformaciones no uniformes) por lo que tienen elevadas tensiones de naturaleza térmica.- Además falta la posibilidad de una gradual distensión a la salida del agujero, desventaja ésta que se puede disminuir solo en muy pequeño grado en el caso de secciones pequeñas.-

El perfil del agujero de la hilera tiene la máxima importancia para alcanzar las mejores condiciones.- Esto es un elevado rendimiento de deformación y un mínimo grado de arrugamientos del alambre.- A este propósito elige el ángulo de apertura en el intervalo 12-24°, de modo de corresponder al valor óptimo.-

Se elige de tal modo el perfil, que presenta una mayor concavidad a la entrada y más pequeña a la salida.- Esto ofrece además, la ventaja de dar un hilo de espesor uniforme y de ser posible, aún en el caso de pequeñas reducciones, una zona de contacto de longitud suficiente, y por tanto, una disminución de las pérdidas internas de deformación.-

La lubricación influye notablemente sobre el valor del rendimiento de deformación y una mala lubricación puede hacerse notar desfavorablemente también sobre el grado de deformación tolerable.- Una mala lubricación influye en sentido negativo sobre la duración de la trafilación.-

VARIACION DE LA TENSILIDAD Y DE LA ELONGACION DE LA UNION
 FUNCION DE LA TEMPERATURA
 DE UN CABLE DE ALAMBRE DE COBRE RECOCIDO

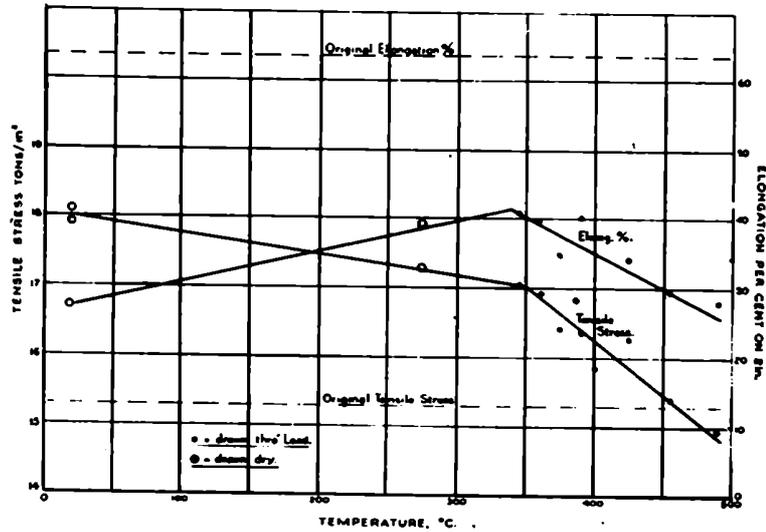


Fig. 2. Annealed Copper, 17.5% R.A.

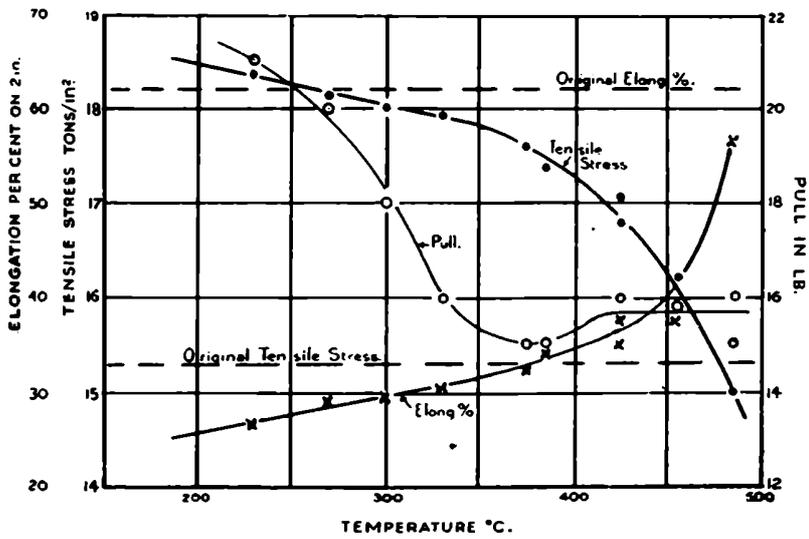


Fig. 3. Annealed Copper, 19.7% R.A.

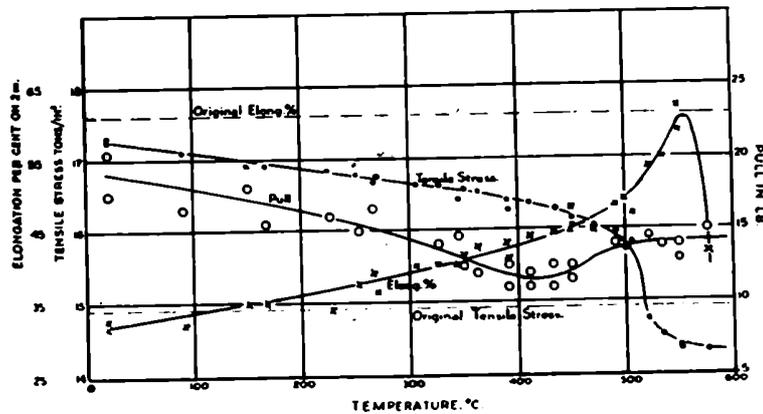


Fig. 4. Annealed Copper, 12.3% R.A.

Cuando se obtienen velocidades limitadas de trafilado es necesario asegurarse la existencia de la capa de lubricante sobre la superficie del alambre, mientras en el caso de mayores velocidades, tal permanencia es facilitada.-

Es también importante para las reducciones obtenibles, la capacidad del material de compensar fácilmente la irregularidad de deformación al comienzo de una serie de pasajes - esto es mientras el material no se ha endurecido.- Su aptitud a la deformación es máxima, siendo así posible grandes reducciones de sección.- En los pasajes subsiguientes se deben de disminuir las reducciones de sección de modo de corresponder a la menor capacidad de deformación.-

Trafilación de cobre.-

La base de varios proyectos de trafilaciones de cobre es disminuir las pérdidas por puntas y cola.-

Las diferencias de temperatura, producen desigual contracción e incidentalmente desigual expansión, pasando a través de un rango de recristalización, y esto provoca una distorsión en el alambrón.-

A pesar de los aumentos de recocidos, una reducción rápida en el diámetro del alambre de cobre aún es discutida, y generalmente no aceptada.- Un tratamiento térmico defectuoso afecta las propiedades de torsión.-

El cobre tiene mucho menor efecto sobre las trafilas que cualquier otro metal, y en ese aspecto el costo de trafilado de cobre es mucho menor.- Desde el punto de vista del consumo de potencia, es conveniente en el primer paso, una reducción mayor de diámetro.-

La diferencia en la dureza del alambrón en el caso de diámetro grande, varía desde el centro a la superficie.- El mayor incremento de la dureza producido por el trefilado es mayor que el producido por la laminación, y es debido a la presión aplicada en más direcciones.-

Entre los métodos en uso que dan generalmente fallas en el trafilado de alambre de cobre fino, puede mencionarse: trafilado sin recocido intermedio muchas pasadas, reducir alambre de sección mayor que aquella para la cual la máquina fué proyectada, y una relación incorrecta de las velocidades correspondientes a los tamaños de la trafilas.-

Mejoramiento de la calidad.-

La calidad del producto puede ser aumentada y obtenida más rápidamente, prestando mayor atención a la cantidad de reducción por pasa

da, y a las condiciones de enfriamiento.-

Los cojinetes usados deben ser periódicamente revisados y ajustados.- Cuando sucede que uno de ellos falla, el alambre recibe tiradas en cada revolución el cual provoca una ruptura o bien una sección defectuosa.- Por ello la lubricación de los cojinetes merece especial atención.-

Cuando el tratamiento térmico es conducido a temperaturas medianas, se obtienen máximos valores para la conductividad del alambre de cobre.-

Ese rango para conductividad máxima va siendo menor a medida de que el grado de pureza disminuye.-

La temperatura de 500° resulta ser el punto crítico cuando debajo de ese valor la conductividad del cobre electrolítico disminuye, mientras en el caso del cobre refinado una apreciable elevación de conductividad es todavía observada.-

Lubricación.-

En el trafilado del cobre se requieren grandes cantidades de lubricante, más es esencial asegurar un buen enfriamiento y por ello se prefiere un sistema central.- Cada tipo de máquina, pesada, medio pesada, etc. tiene un sistema separado central, generalmente con un contenido diferente de grasa de más o menos el 7% para las pesadas, hasta 2 - 3% para las más finas.-

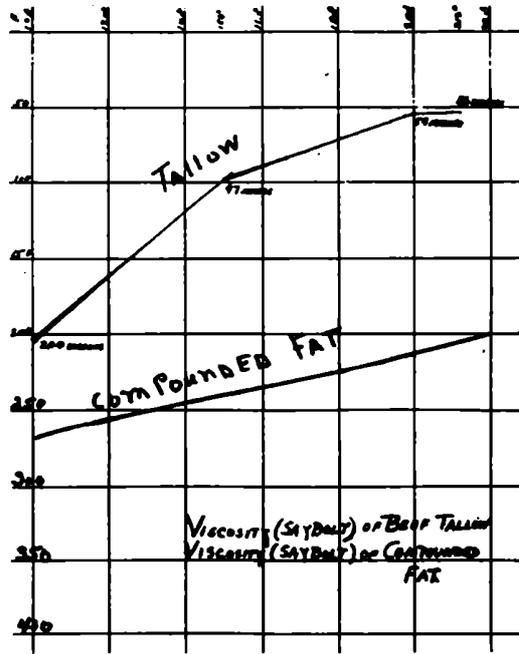
Debe cuidarse que el lubricante que vuelve sea despojado de las partículas de cobre que pudiera contener.- Las partículas más pesadas rápidamente decantan y las medianas son retenidas mediante un diafragma en los tanques de depósito.-

Sin embargo todos los líquidos lubricantes llevan en suspensión partículas microscópicas de cobre y óxido de cobre que no pueden separarse por filtración y que exigen en ocasiones estacionar por largos períodos al lubricante.-

Las partículas pequeñas afectan a la matriz en su duración. Deben tenerse en cuenta los siguientes factores pues afectan el sistema central de lubricación: calidad del agua empleada en el lubricante, tamaño de depósito empleado, formación de espuma (relacionado con el diseño de la maquinaria) capacidad enfriante (relacionado con la velocidad de trafilado).

VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL LUBRICANTE

CON LA TEMPERATURA



EFFECTO DE LUBRICACION EN LA SUPERFICIE

DEL CAMBIO



FIG. 1.—Details of crinkled set surface of standard wire bar and smooth surface of scraped wire bar. One fourth natural size.

si se quiere obtener una superficie lisa y uniforme, cualidad indispensable cuando este alambre debe ser esmaltado, es necesario agregar a la lubricación a grasa una lubricación subsidiaria con solución acuosa de jabón neutros, que garantiza la continuidad de la lubricación misma; porque el alambre forma fácilmente en la masa de la grasa contenida en la trafiladora un pasaje (como un tubo) y así pasaría sin lubricarse, determinando una superficie áspera.-

Estos tres sistemas de lubricación son adoptados para trafilar las usuales o trafiladoras múltiples.-

En la trafilación de alambres de cobre medios, finos y finísimos con trafiladoras múltiples deslizantes se utilizan exclusivamente soluciones acuosas de jabones que son hechas en forma de lluvia en grandes cantidades sobre el alambre en las proximidades de la trafiladora.- El líquido se recoge, es enfriado y luego es bombeado nuevamente a los caños de riego correspondientes.-

En las trafiladoras más chicas el líquido es echado de manera de sumergirlas completamente en el lubricante que circula directamente de la vasija superior a la inferior de enfriamiento.-

Velocidad de trafilado

Según sean utilizadas hileras de acero, de carburos metálicos o de diamantes, se tienen diferentes comportamientos.- Tomando como base las de carburos metálicos que son las comúnmente usadas.- Especialmente en la trafilación en seco se ha comprobado que partiendo de bajas velocidades el esfuerzo en kilogramos necesario, aumenta con el aumento de la velocidad de trafilado hasta que alcanza un máximo hacia los 10 mts./seg., después del cual disminuye ligeramente hasta 20 mts./seg., manteniéndose luego constante.-

En conclusión, las mejores condiciones para trafilar el cobre son: trafiladora de carburo de tungsteno bien pulida, con ángulo de cerca de 120° bien enfriada, lubricada con polvo de jabón, velocidad superior a 10 m/seg.

La velocidad de trafilación del alambre de cobre laminado en el primer pasaje es alrededor de 150 a 180 m/minuto, cerca de 3 m/s.-

Las bobinadoras donde se preparan las madejas, son generalmente del tipo fijo de modo de permitir la soldadura del extremo final de una madeja con el comienzo de la otra sin detener la bobina.-

Generalmente el alambre laminado de 6-7 mm. después de trafilado sobre trafiladoras múltiples por 5-6 pasajes, es luego enrollado sobre

bobinas de madera o de metales que pueden contener cerca de 300 - 400 kgr. de alambre de cobre.-

Naturalmente, el alambre es guiado mientras se lo enrolla en los carretes, por horquillas especiales dotadas de movimiento uniforme alternado según el modo de enrollarse de derecha a izquierda o viceversa.-

El comando del carretel enrollador, se realiza mediante fricción que sincroniza automáticamente la velocidad de trafilación de la última bobina o del último tambor de tiraje.-

Para alambres de cobre finos son particularmente usadas las trafilas múltiples a conos de tiraje.-

El decapado del cobre laminado se efectúa en vasijas de madera o de otro material.-

La solución ácida se forma con sulfúrico de concentración de 18-20° Bé y a la temperatura de 70-80° por medio de vapor circulante en serpentinas de plomo, o bien, calentando directamente el baño.-

La operación dura de 20 a 30 minutos, según la concentración del ácido y la concentración es la siguiente $0Cu - H_2SO_4 - CuSO_4 - H_2O$.-

Es fácil reconocer cuando la operación es terminada porque se pasa de un color negro al color del cobre electrolítico rojo vivo.-

La carga del alambroón decapado sacado del baño de decapado es sumergido en recipientes cargados de agua fría por un instante a los efectos de lavar el sulfato de cobre adherido.- Luego, se lo pasa a otro recipiente con agua caliente de modo que al sacarlo se seque inmediatamente.-

El alambre de cobre grueso es trafilado de espesores gruesos para hacerlo más duro y aumentar su carga de rotura, disminuyendo el alargamiento cuando debe servir para líneas eléctricas aéreas.-

En este caso la velocidad de trafilado no debe ser grande de modo de recalentar lo menos posible el alambre.-

En particular, el alambre para trolley (líneas aéreas, eléctricas, ferroviarias y tranviarias), necesita de fuertes resistencias para resistir a los rozamientos.-

En este caso se parte de barras laminadas de 20-22 mm. y en el último pasaje es pasado por una trafila especial que le determina el perfil (para ser fijado por medio de delgados espesores de hierro, que lo sostiene).-

Las madejas de estos alambres gruesos de cobre cuando han

alcanzado el espesor deseado son unidas entre ellas cortando oblicuamente el alambre en su extremidad y soldando por medio de delgados espesores de plata.-

Lubricantes.-

La lubricación del alambre tiene por objeto el disminuir el frotamiento en su pasaje a través de la trafila y obtener un producto con superficie lisa y sección lo más homogénea posible desde el comienzo al fin.

Entre los lubricantes se eligen aquellos cuyas características consistan en la formación y permanencia en el interior de la trafila de un velo fluido continuo, no obstante las grandes presiones en juego, para evitar el frotamiento y el recalentamiento en la superficie del alambre.-

Según el tipo de lubricante utilizado se distingue entre trafilación lubricada, trafilación a seco, trafilación pulida a humedad, trafilación en blanco.- En algunos casos limitados se puede utilizar como lubricantes, revestimientos de Pb, o de sales.-

Trafilación lubricada.-

En este proceso el alambre antes de entrar a la trafila, atraviesa una caja conteniendo el lubricante: una parte de este es llevado por el alambre y entra en la trafila, el resto cae y retorna a la caja.- Pueden utilizarse ya sean aceites o grasas.-

Grasas para trafilar: Se utilizan grasas ya preparadas que se encuentran en el comercio. Ofrecen la ventaja de una constancia en la composición y calidad y garantizan un trabajo regular y seguro.- Como materia prima para la fabricación de estas grasas se utilizan sebos, grasas animales cocidas en aceites de colza o de pescados.- Se han obtenido buenos resultados últimamente con los ácidos grasos sintéticos, fácilmente solubles en un baño de decapado débil de ácido sulfúrico, característica muy importante en la preparación de los alambres que deben ser trafilados pulidos por vía húmeda.

Aceites para trafilar.- Para la trafilación utilizanse aceites, ya sea vegetales (de colza) o bien minerales, por cuanto su viscosidad depende mucho de la temperatura, es necesario elegirlos de modo de asegurarse de que en las condiciones de trabajo en la hilera exista siempre una adecuada película constante.- Particularmente, adaptados a tal propósito se muestran los aceites refinados eléctricamente, a raíz de sus buenas condiciones lubricantes y su menor sensibilidad a la temperatura.-

Trafilado en seco.- Un medio lubricante muy usado es el jabón seco ya sea

bajo forma de polvo, hojas o escamas.- Respecto de las grasas lubricantes tiene la ventaja de permitir reducciones de secciones y velocidad de trafilado mayores.- Además, se pueden efectuar diversos pasajes sucesivos sin que se noten sobre el alambre zonas lucidas.-

El consumo de jabón depende del número de pasajes.- En las operaciones primeras a efectuarse sobre los alambres que deban luego sufrir operaciones en húmedo, es necesario hacer un uso prudente del jabón pues éste, es difícilmente eliminable en el decapado.-

Trafilado pulido en húmedo.- Los alambres de secciones mayores son generalmente obtenidos con el proceso en húmedo, esto es sumergiéndolo en un líquido de trafilado, partiendo directamente desde el alambón.- Por el contrario, aquellas de secciones menores son primeramente preparados lubricándolos con aceites o grasas, y luego, reducidos con el proceso en húmedo.- En este último caso es por ello necesario remover el velo de lubricante de la superficie del alambre antes de iniciar las sucesivas reducciones, lo que se obtiene con un baño de decapado conteniendo 70 litros de agua, 15 kilos de ácido sulfúrico de 66° Bé y 2 kilos de sulfato de cobre.- Para mejorar el depósito de cobre sobre el alambre es mejor todavía agregar del 3% de sulfato de hierro.-

La preparación adecuada del baño y su periódica depuración son condiciones indispensables para obtener alambre pulido.- En efecto, si el baño no se mantiene adecuadamente limpio o es excesivamente ácido, se obtienen alambres de aspecto grisáceo, además las impurezas presentes pueden depositarse sobre la superficie del alambre, dañándola.- Observando en vez exactamente las condiciones del baño de decapado, se consigue que sobre la superficie toda del alambre se deposite una capa delgada y uniforme de cobre que en los pasajes sucesivos actuará de lubricante.- Los pasajes siguientes se efectúan después de tratar el alambre en un baño graso conteniendo 70 litros de agua, 1 kilo de ácido sulfúrico 66°Bé, 2 kilos de grasas solubles.-

Las madejas de alambres pueden colocarse directamente en las pasas, dentro del recipiente que contiene los baños o bien fuera de los mismos.-

Elección de lubricante para trafilación.-

En razón de la reducción que tiene lugar en la trafilación y a la velocidad a que se produce, existen condiciones de presión entre alam-

bre y la matriz que exijan además una lubricación periférica.- Esta se diferencia de la hidrodinámica o de film delgado, en estar caracterizado por relativamente alto valor de fricción, alta presión por unidad, y un contacto actual entre metal y metal en las superficies adyacentes en deslizamiento.- Con la lubricación se disminuye la fricción entre el alambre y la trafila incrementándose así la potencia para realizar el trabajo de deformación y reducción en el alambre.- Ello no solo facilita el trafilado sino que aumenta la vida de la trafila, impide que suba excesivamente la temperatura en ella.- En efecto, el lubricante actúa como llevando el calor que se desarrolla por la fricción y la deformación, por lo que un control de temperatura es deseable en algún punto.-

El problema del lubricante residual debe tenerse muy en cuenta cuando se elaboran productos recocidos, por la contribución importante al problema de las manchas, lo que se debe no solo a las condiciones en el horno sino también a la composición del lubricante.-

El grafito coloidal fue el que hizo posible en 1906 estirar el primer alambre de tungsteno.- Todavía es considerado como indispensable para hacer alambre de tungsteno y de molibdeno.- Es la única sustancia que puede tolerar el calor al rojo y la fricción, y permitir la producción de alambre continuo de diámetro uniforme.- El metal a estirar se calienta antes de entrar por la hilera de diamante.- La solución es de 75% de agua, con un 19% de dispersión acuosa de grafito coloidal (al 22% de materia sólida, en peso), y con el 5% de jarabe de maíz.-

Para lubricar las trafilas para estirar alambre de acero se emplea una dispersión semicoloidal (al 30% de materia sólida en peso) con 4 partes de agua.- Se añade como 60 gramos de jarabe de maíz por litro de esa solución, para que sirva de agente humectante y contra la formación de espuma.-

Estos componentes se mezclan en una gran marmita o tina, en la cual se sumerge después, la varilla o alambres de acero.- Después de secar a 200° F. (93° C), queda el material listo para estirarlo.- Hay informes de que algunos fabricantes consiguen 26.650 kilogramos por pasada de alambre por 100 litros de solución, sin rastro de grafito visible en el alambre acabado.-

ENSAYO DE RECOCIDO DE ALAMBRES DE ACERO TREFILADO

A los efectos de estudiar las variaciones que se producen en las características mecánicas de un alambre de acero en función de la temperatura y tiempos de recocido hemos realizado una serie de pruebas que dentro de los errores debidos a la falta de algunos elementos, nos han permitido reproducir en fábrica valores y curvas que se aproximan a los obtenidos según la literatura especializada.-

Se efectuaron una serie de recocidos sobre probetas de un alambre laminado y luego trefilado con una reducción de sección del 80%. Dicho alambre era de composición química aproximada; C- 035% Mn - 06%

Una vez trefilado, partiendo de un diámetro de 5.50 mm. para llegar a otro final de 2.45 mm., se tomaron de este último, probetas para efectuar las pruebas de recocido.- Cada ensayo se hizo con 4 probetas.-

Se efectuaron luego, los ensayos de resistencia a tracción y alargamiento registrándose los resultados en el cuadro siguiente:

Prueba No.	Recocido		Resistencia Tracción Kg.mm. ²	Alargamiento
	Temperatura ° C	duración h		
1	450	1/2	68	11.7
2	450	2	67.5	12.
3	450	5	66	14
4	550	1/2	66	14.5
5	550	2	65.2	15
6	550	5	58.5	18.8
7	600	1/2	51.5	27.5
8	600	2	51.	27.8
9	600	5	49.5	29.5
10	650	1/2	50	29.8
11	650	2	50	30.5
12	650	5	47.5	31.
13	700	1/2	47	28
14	700	2	47.5	33.8
15	700	5	45	32.5
16	750	1/2	46	33
17	750	2	49.5	32.
18	750	5	49.8	30
19	800	1/2	50	29.5
20	800	2	50	28.5
21	800	5	49.5	28.6
22	900	1/2	50	28
23	900	2	50	27
24	900	5	48.6	27

Estado inicial del alambre.

Resistencia a tracción

68 Kg/mm²

Alargamiento

6.4 %

De las cuatro probetas que correspondían a cada prueba de tracción, se tomaron los 3 valores más próximos, habiéndose repetido las pruebas 6,8,9,16, y 18, por la dificultad de mantenerse el ensayo dentro de límites aceptables de temperatura.- Al respecto se hace notar que se efectuó el recocido en un pequeño horno de mufla eléctrico y las variaciones de tensión de la red dificultaban mantener la temperatura dentro de límites aceptables.-

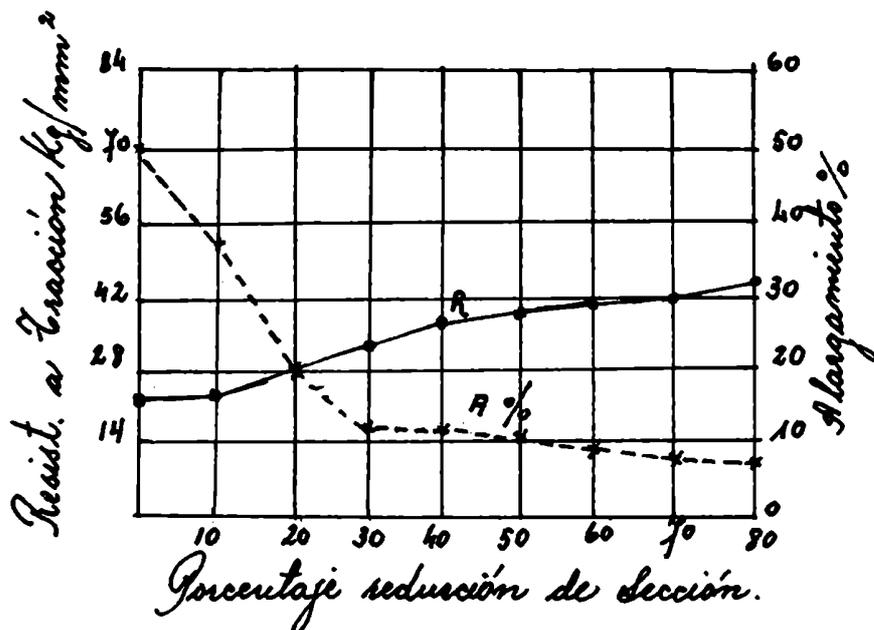
ENSAYO DEL EFECTO DE LA DEFORMACION EN FRIO DE ALAMBRES DE COBRE, EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL MISMO.-

El alambre de partida era cobre electrolítico de 6,4 mm de diámetro, con una resistencia a tracción de 26,5 kg/mm² y un alargamiento del 50%.-

Se efectuaron reducciones de sección entre el 10 y el 80% variando de 10% en 10% , manteniéndose en todos los casos las condiciones de las trefilas y la lubricación.- En cada caso se tomaron 6 probetas registrándose en el cuadro siguiente los valores promedios de cada grupo de probetas, previa eliminación de valores que se apartaron demasiado del valor medio.-

Prueba No.	Reducción de sección en %	Resistencia a tracción Kg/mm ²	Alargamiento %
1	0.00	26.5	50
2	10	26.6	37
3	20	30	20
4	30	34	13
5	40	38	12
6	50	40	10.5
7	60	41.5	9.5
8	70	42.	8
9	80	42.8	7.3

Representación Gráfica



Estas determinaciones me han permitido regular en la fabricación , las condiciones mecánicas del producto obtenido en función de las condiciones mecánicas iniciales del alambre y de los porcentajes de reducción efectuados.-

Debe hacerse notar que estas curvas son válidas para dimensiones medias de alambres, debiéndose completar el estudio para medidas finas donde se hacen más notables los efectos de calidad de los materiales tipo y velocidad de máquinas, en fin de trabajo y demás condiciones inherentes al trafilado.-

La dispersión de valores es aquí mucho mayor y el estudio de curvas tipo no ha podido aún ser completado de manera que puede ser aplicado en forma directa, trabajo en el que estamos empeñados para nuestra particular condición de producción.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. B. ...', with a large, stylized flourish below it.

EL RECOCIDO

El recocido tendrá pues como fin hacer desaparecer los estados fuera de equilibrio que resultan de los tratamientos anteriores, térmicos o mecánicos (en nuestro caso mecánico) y por lo tanto, consistirá en suprimir o en atenuar sus efectos.- Es así que el recocido borra o atenúa:

1º) Los efectos de endurecimiento, cristalización molecular, que resultan de los tratamientos mecánicos a baja temperatura.-

Recocido de los productos que han sufrido el endurecimiento, cristalización molecular, para permitir la continuación de la operación

2º) Los efectos debidos a tensiones internas resultantes de desigualdades de enfriamiento, o de endurecimiento, cristalización molecular, es decir, las deformaciones espontáneas o las que acompañan al trabajo.-

Recocido de estabilización sobre productos templados o que han sufrido un endurecimiento, cristalización molecular.-

3º) Los efectos de sobrecalentamiento: Recocido de regeneración o de afinado.-

Los fenómenos y las condiciones generales de recocido.-

Las condiciones que deben realizarse dependen del objeto del mismo.-

Disminución o supresión de las tensiones internas o esfuerzos latentes: recocido común:

Es una modificación común que afecta el equilibrio mecánico o elástico interno; corresponde al recocido antes del estirado final.- El fenómeno puesto en juego es la deformación viscosa que sólo se hace sensible a partir de cierta temperatura, como consecuencia de una disminución suficiente del frotamiento interno, función exponencial de la temperatura absoluta, muy pequeño en la fusión.-

Por lo tanto las condiciones a realizar son:

a) Calentamiento a una temperatura que exceda a aquella para la cual la velocidad de deformación viscosa comienza a hacerse sensible, sin exageración para evitar las deformaciones por viscosidad.-

Esta temperatura es independiente de los puntos de transformación si ellos existen y es en general, tanto más baja cuanto más fusible es el metal.-

Se puede adoptar la temperatura de recristalización, pero esto implica modificaciones importantes en los productos templados o que han experimentado endurecimientos, cristalización molecular, mientras que se puede obtener

una atenuación muy marcada de las tensiones internas a temperaturas que no modifican notablemente la dureza adquirida por la cristalización molecular.

b) Enfriamiento lento, de manera que se evitan las desigualdades de temperatura que pueden crear nuevas tensiones internas.-

Este tratamiento común se aplica a todos los materiales sólidos, metálicos no (ejemplo de recocido de vidrios: contralos por examen con luz polarizada

Se ha dicho muchas veces que la disminución de la conductividad a temperaturas comparativamente altas, es debido a alguna forma de recristalización inducida.-

Otrateoría es que el cobre electrolítico ha absorbido gases que influyen en los resultados a altas temperaturas de recocido, cobre electrolítico y cobre refinado, que difieren todavía en sus respectivas conductividades.-

El recocido del alambre se realiza en muflas calentadas eléctricamente que se apagan después del recocido, cuando deben realizarse muy exactas determinaciones, se controla un enfriamiento muy lento.-

Establecimiento del equilibrio físico-químico y aún del equilibrio estable. Recocido físico-químico.-

El equilibrio se establece tanto más rápidamente cuando más elevada es la temperatura, y luego, una vez alcanzado, enfriar con una lentitud suficiente.- Sin embargo en este proceso nos vemos detenidos por el fenómeno estructural del aumento del grano, que limita la temperatura y la duración del recocido.-

Además en general, para evitar los efectos de temple, la velocidad de enfriamiento requerida para obtener el equilibrio químico final, debe ser tanto menor cuanto más elevada sea la temperatura, lo que constituye una complicación operatoria.-

El caso que nos interesa es el recocido de los productos templados con el fin de permitir o facilitar el trabajo: recocido de ablandamiento.-

Las condiciones más frecuentemente adoptadas son: el calentamiento por encima del punto de transformación, con velocidad de enfriamiento inferiora la velocidad de temple correspondiente, o el revenido teniendo al máximo de ablandamiento.-

Algunas veces, las condiciones económicas del trabajo exi-

gen además, la obtención de la coalescencia de los elementos de estructura es decir, el encaminamiento hacia el equilibrio estructural.-

Retorno o encaminamiento hacia el equilibrio estructural.- Recocido estructural.-

El equilibrio estructural ideal sería aquel en que cada fase formara un cristal único.- Estamos muy alejados de tal estado que sintetizaría la doble tendencia a la aglomeración o coalescencia de los granos de una misma fase, y de las diversas partículas de una fase dispersa en otra.- Esta doble tendencia se manifiesta de una manera muy sensible cuando nos hallamos suficientemente distantes del equilibrio estructural, es decir, cuando los granos y partículas son muy finos (por ejemplo, inferiores a 0.01 mm) de modo que las fuerzas capilares puedan actuar: hay entonces a la vez aglomeración y tendencia hacia las formas más aproximadas a la esfera.-

Coalescencia de los granos de una misma fase.-

O recocido de recristalización, cuyo objeto es restituir al metal su capacidad de deformación.-

El endurecimiento, cristalización molecular, empieza a desaparecer a una temperatura, θ (temperatura de recristalización o de comienzo del recocido), función del metal y del grado de endurecimiento, cristalización molecular.-

Para temperaturas superiores a θ , el crecimiento de los granos se hace con una velocidad que aumenta rápidamente con la temperatura, y las dimensiones de los mismos tienden practicamente hacia un valor límite, que se alcanza tanto más rápidamente cuanto más próximo se esté a la temperatura de fusión, cerca de la cual el fenómeno es casi instantáneo.-

El grosor de los granos después del endurecimiento, cristalización molecular, puede pues presentarse en función de la temperatura de fusión, cerca de la cual el fenómeno es casi instantáneo.-

El grosor de los granos después del endurecimiento, cristalización molecular, puede pues representarse en función de las dos variables principales: temperatura y grado de endurecimiento, cristalización molecular (reducción de la sección referida a la sección inicial).- Esos fenómenos se observan igualmente sobre metales, y sobre diversos metales pulverizados y comprimidos, sobre los depósitos electrolíticos de metales.-

Habría que considerar además los fenómenos de desarrollo anormal y de orientación de las partículas cuando el endurecimiento, cristaliza-

ción molecular, o los dos a la vez.-

De cualquier manera, se puede afinar el grano mediante un endurecimiento, cristalización molecular, seguido de recocido a una temperatura superior y vecina a θ , y por el contrario, se puede obtener una estructura gruesa (sobre calentamiento) por recocido exagerado o después de ciertos valores del endurecimiento, cristalización molecular o endurecimiento cristalización molecular crítico.-

Observación general referente a las condiciones óptimas de recocido.-

En la ejecución del recocido no hay que olvidar que los efectos deseados están subordinados a la ejecución correcta de dicho tratamiento: aún sin intervención de los accidentes químicos y físicos, (oxidación de las zonas superficiales, deformaciones y fisuras durante el calentamiento, etc.) un recocido mal hecho puede producir un efecto contrario al buscado.-

1º) Durante el recocido de destrucción de las tensiones internas, un enfriamiento demasiado rápido puede, por el contrario, engendrar nuevas tensiones internas (temple común) y hasta deformaciones si hay exageración de temperatura.-

2º) Durante el recocido de ablandamiento sea por retorno al equilibrio físico-químico, sea por encaminamiento hacia el equilibrio estructural (coalescencia), una velocidad de enfriamiento o una temperatura de calentamiento demasiado elevadas pueden originar al contrario efectos de temple físico-químico o estructural con endurecimiento:-

Recocido.-

El recocido intermedio no es hoy generalmente practicado por cuanto es posible trafilar el cobre desde 6.35 mm \varnothing hasta 0.025 \varnothing , sin que sea necesario.-

Sin embargo, para algunos usos especiales, es preciso el recocido intermedio en virtud de su influencia sobre los efectos direccionales que tienen lugar en los metales fuertemente reducidos.- La moderna tendencia en la práctica es dar alambre recocido con una mayor fuerza de tensión y una menor elongación que resultaba cuando se aplicaba el recocido intermedio.-

El recocido final se da en uno de cualquiera de los diversos modelos de horno de recocido brillante.- Un hecho que es importante tener en cuenta en este punto es que en ciertos casos en el alambre estrechament

enrollado en los carreteles durante el proceso de recocido puede dar lugar a lo que se llama pegado de los alambres y que se manifiesta en que dos vueltas continuas que parecen soldarse, lo que se atribuye a que cuando la capa superficial de óxido se reduce en el horno es acompañado con un crecimiento, diríamos de los cristales, en una dirección cruzada a las capas adyacentes.-

Ello puede ser solucionado con una menor tensión durante el proceso de enrollado, pero solo a costa de una menor salida.-

Recocido continuo.-

Hasta hace muy poco, no se había hecho ningún adelanto en el problema del recocido continuo del alambre a medida que era trafilado.- Ahora, muy recientemente, se ha podido producir un alambre totalmente recocido directamente a continuación de la máquina trafiladora mediante la utilización de métodos basados en la resistencia eléctrica.- El alambre a medida que sale de la máquina es puesto en contacto con topes adecuadamente espaciados, de modo de transmitirles la corriente necesaria para darles la temperatura óptima de recocido, en una fracción muy pequeña de segundo.- Se consigue un recocido muy uniforme sin excesivo peligro de oxidación, y se elimina el uso de los hornos y otras ventajas.- Es un tema que promete solucionar el problema del recocido estando todavía en vías de divulgación más amplia.-

Recocido del alambre de cobre.-

El recocido del alambre de cobre se efectúa en dos maneras, según sea de espesor fino o medio en madejas.- Si en vez es de espesor finísimo, el recocido se realiza sobre carreteles metálicos.- En el primer caso el recocido del alambre se efectúa en húmedo y en el segundo en seco.-

Descripción del horno de recocido en húmedo.-

El sistema de calentamiento puede ser a aceites pesados, a gas o eléctrico.-

Las diferencias son las siguientes; el recipiente en el que viene contenido el alambre de cobre a recoger está en corazas de acero al níquel-cromo con forma de campana, la cual es abierta en su parte inferior y sumergida en un cierto largo en el agua contenida en un recipiente circundante.-

La campana protectora es inspeccionada periódicamente para ver de su estado de conservación y el del material de recubrimiento en su periferia exterior.- Cada horno viene dotado de dos plataformas munidas de 6 a 8 astas verticales que sostienen y contienen la carga de las made

jas del cobre a recocer.-

Estas dos plataformas opuestas son unidas al embolo de una prensa especial hidráulica la que sirve para cargar y descargar el horno.- Cuando una de las plataformas se encuentra cargada en el recipiente de re cocido, la otra se encuentra externa a la campana correspondiente, y es des cargada y luego cargada.- El cambio de los dos recipientes se efectua bajando el embolo de la prensa hidráulica de modo de llevar las dos platafor mas cargadas, una del alambre recocado y la otra del alambre a recocer, a su posición inferior después de lo cual, haciéndola girar de 180°, las car gas resultan llevadas a su posición superior.-

Se inicia así la operación de recocado de las cargas lleva das al interior del horno y después de pocos minutos es descarga do el alam bre y sustituido por otro a recocer.-

La duración de la operación de recocado para hornos de 600 kgs. de capacidad en cada carga es de dos horas, y el alambre resulta completamente exento de óxido, gracias a la presencia en el recipiente de ga ses neutros y reductores, que no pueden de ningún modo fugar.-

El alambre de cobre a la temperatura de 550-560° C. sali endo del recipiente a la campana, se enfria completamente antes de entrar en contacto con el aire en el agua de la vasija circundante, asumi endo una perfecta y uniforme maleabilidad.-

Estos hornos de recocado para el alambre de cobre son gene ralmente proyectados a pares, lo que tiene la ventaja de utilizar una úni ca prensa, un único sistema potenciométrico registrador de un único siste ma calentador, ya sea de calentamiento o aceites pesados o bien de un úni co generador para calentamiento a gas.- Al mismo tiempo hay una econo mía de personal.- El alambre recocado y húmedo es luego nuevamente pas ado por las trafilas múltiples finas o finisimas, o bien es llevado al esta ñado.-
Hornos con recipientes cerrados a seco.-

Son exclusivamente con calentamientos a resistencias eléct ricas y son adoptados para recocer el alambre de cobre finísimo, enrol lado en carreteles metálicos (generalmente de duraluminio).- Los recipientes de capacidad limitada son similares a aquellas para el recocado del alam bre de hierro y son de chapas de acero estampadas.- La temperatura de reco cido en este caso, no supera normalmente los 450° C. de manera de no correr el pe ligro de perjudicar el alambre dado su pequeño espesor.-

Para alambres de espesor medio es usado también el sistema de recocido continuo en el que el alambre se desenvuelve de bobinas, pasa por un largo tubo de cerca de tres metros que se curva y vuelve sobre sí, por debajo. Alrededor de este tubo de acero que protege el material aislante.- Este tubo calefactor está debajo de un armazón de hierro que lo protege y del que sobresale la bobina en la que se va enrollando el alambre recocido.- Tanto los hornos a seco como los húmedos están munidos de aparatos registradores de temperatura automáticos que mantienen ésta dentro de estrechos límites.-

El alambre de cobre recocido tiene estructura cristalina, mientras que el alambre de cobre duro consiste en granos alargados en la dirección de tracción.-

Un grado especial de alambre se consigue bajo control cuidadoso de las condiciones de recocido.- La atmósfera presente en el horno y el método de fundición evitando la entrada de oxígeno y la formación de óxido de cobre.- El alambre en estas condiciones, tiene características especiales en dos aspectos:

1º) La conductibilidad como se evidencia en la elongación, torsión y doblado, se ha incrementado.- Este cobre también puede someterse a la acción de gases reductores a elevada temperatura sin el peligro de fragilidad.-

2º) Debido a la superior conductibilidad del alambre libre de oxígeno es útil en las dificultosas operaciones de trafilados a medidas muy finas, tejido y curvado muy recocido.-

Objeto del recocido.-

La trafilación provoca siempre en el alambre un endurecimiento que disminuye su deformabilidad y en el caso de reducciones muy grandes puede incluso provocar su rotura.-

En consideración de lo anterior, una vez superada una cierta medida de reducción de sección es necesario efectuar el recocido del alambre.- El momento más propicio para ello depende principalmente de la estructura del material.- Tal recocido insertado en el proceso de trafilado se denomina recocido intermedio, mientras se tienen también preliminares cuando se aplica el material antes de su tratamiento, y finales cuando es necesario obtener un material de elevada plasticidad, y debe por ello ser efectuado

final de todas las operaciones de trafilado.-

Modificaciones de las características del alambre por efecto del recocido.-

El recocido provoca una profunda modificación en la características del alambre trafilado,- Sobre todo se elimina el endurecimiento que el alambre ha adquirido en el trafilado y se exaltan las preexistentes características de flexibilidad y elasticidad.-

Este proceso si es efectuado a bajas temperaturas es definido como un reordenamiento cristalina, mientras se tiene una verdadera regulación si se trabaja a alta temperatura.-

El efecto del recocido es función de la composición química del material, de la estructura inicial del mismo, de la temperatura alcanzada, de la velocidad de enfriamiento y de la permanencia a la temperatura regimen.-

Hornos de recocido.-

Pueden ser clasificados en hornos continuos y discontinuos.- De acuerdo al tipo de combustibles se clasifican en hornos a carbón, a gas, fuel-oil, eléctricos, etc..-

Hornos discontinuos;

a) A tonel o pozos: el material es cargado en cajas o vasijas que son luego introducidas verticalmente en pozos adecuados.- Generalmente varios de tales pozos vienen unidos en un único bloque.- Esta es la disposición más conveniente porque las operaciones de carga y descarga pueden ser fácilmente realizadas con una grua o puente y el sistema de calefacción es simplificado.-

A los efectos de su funcionamiento independiente cada horno tiene su hogar propio, el que está situado por debajo de la cama del recocido.-

La duración del recocido es función del tipo y cantidad de material cargado.- El consumo de combustibles de 7000-8000 cal.kg. varia de 10-14% del peso del alambre recocido.-

En otros tipos de hornos a pozos se aprovechan en las diversas unidades el calor que los humos llevan trabajandose en serie, con lo que setiene un mejor aprovechamiento del combustible (8-9%); son los hornos con cámaras de precalentamiento.-

Los hornos a pazo para una sola carga se prestan bien para

aquellas trafilaciones que deben trabajar materiales de características diversas, pero cuando éstas son constantes, son más convenientes los hornos que pueden contener dos o tres cargas por pozo, lo que da menor costo de instalaciones y de ejercicio.- Estos hornos pueden tener también calentamiento eléctrico, que llevan anexa una cámara de enfriamiento.-

Se consigue con los mismos disminuir notablemente los tiempos de recocido, especialmente en aquellos que traen una columna central de calentamiento interno.- La producción de un horno de este tipo puede ser 30% mayor con un régimen de trabajo más uniforme.-

Horno a campana.-

Muy difundido en Norteamérica.- Las madejas de alambre son colocadas sobre un soporte, y cubiertas con una campana de protección, contruídas de chapas delgadas y que se apoyan sobre un soporte.- Para el recocido debe colocarse sobre el material, una segunda campana recubierta internamente de una resistencia eléctrica.- Una vez terminado el recocido se saca la última campana y se deja enfriar el material debajo de la campana protectora.- Cada campana puede servir para 3-4 soportes.-

Hornos de este tipo pueden construirse a gas, eléctricos, tubos radiantes, etc.-

Hornos con cámaras de recocido horizontales.-

Los hornos a reverbero de boveda interrumpida hacen un recocido muy uniforme y permite por lo tanto efectuar el tratamiento con gran homogeneidad.-

La boveda interrumpida protege el material a recocer del contacto directo con la llama, y permite a los humos entrar en la cámara del recocido reduciendo el oxígeno presente, los humos tienen efecto reductor.-

Toda la cubierta del horno es móvil y puede levantarse y correrse lateralmente a efectos de la carga y descarga.- Hornos de este tipo mediante aparejos especiales pueden hacerse de funcionamiento continuo.-

Hornos para el recocido blanco.-

Bajo esta denominación se comprenden aquellos hornos que permiten efectuar el recocido de los alambres pero conservando inalterada la superficie de los mismos.-

Recocido en atmósferas de gases inertes.-

El gasto excesivo de los primeros tipos de horno para obtener alambres brillantes y que recubrían los alambres de polvo de carbón pa

ra preservarlos de la acción oxidante del aire, lleva a otros tipos de hornos con un consumo menor de combustibles.-

Para evitar la oxidación del material se introduce en la cámara de recocido, ya sea en la fase de recocido o en la de enfriamiento, gases inertes o reductores.-

Como gas puede usarse el hidrógeno, que, en forma continua atraviesa la cámara de recocido, pasando luego a ser purificado para librarlo de los vapores de agua y de aceites liberados en el recocido y volver luego al ciclo.-

El nitrógeno comercial contiene siempre pequeñas cantidades de oxígeno de la que se lo puede librar mediante lavado en hiposulfito e hidroxidos alcalinos.-

Así lavados y secados pueden ser usados en el recocido en atmósferas inertes.-

También el amoníaco disociado se presta como gas protector. Se parte del amoníaco líquido del comercio que se deja expandir, pasar por una columna calentada electricamente a 550-600° C. en presencia de catalizadores a presión normal y así disociado en 75% de H₂. y 25% de N₂.-

Todo ello se hace en aparatos especiales en los que se mezcla el gas obtenido con aire y así eliminar el H. como agua y obtener un gas de 96% de N₂.-

También puede usarse gas natural que no contenga azufre, lo mismo que el gas de gasogenos o de coquerías.-

Enfriamiento en blanco.-

El procedimiento Vitry de enfriamiento en blanco se basa en la observación de que la oxidación del alambre se verifica no tanto en la atmósfera reductora del horno, como en el enfriamiento de las madejas de alambre una vez que han sido sacadas del horno y llevadas a la temperatura ambiente.-

Por ello, en este procedimiento, las madejas son dejadas enfriar en recipientes de acero del fondo de los que llega gas iluminante.-

En el proceso Siemens-Prufert, las madejas son sacadas del horno de recocido montadas como están sobre un eje y recubiertas de un enrejado muy sutil, y llevadas a la cámara de enfriamiento, quedando el horno listo para otra operación.-

Antes de introducir las madejas se quema en la cámara enfriadora una carga de petróleo de modo de consumir el oxígeno presente y crear una atmósfera reductora.-

Se introducen las madejas y se recubre todo con una campana que va penetrando en la cámara a medida que el enfriamiento va produciendo una contracción de la atmósfera de modo de tener en todo instante las madejas protegidas del ambiente.-

En el proceso Schone-Herdickerhoff, las madejas se dejan enfriar en cámaras con una bomba a vacío.-

En el sistema Grunewald, los recipientes que contienen las madejas cierran perfectamente con juntas de goma a los efectos de evitar la entrada de aires, y con un sistema de circulación de agua es llevado todo el calor desprendido hacia la parte inferior.-

Durante el calentamiento los recipientes llevan una válvula a los efectos de dejar salir los gases dilatados.-

Dicha válvula se cierra en el enfriamiento.- A efecto de aprovechar el calor desprendido de las madejas para precalentar las cargas nuevas, se colocan éstas de modo de recibir el calor que aquellas dejan, a través de corrientes de aire caliente.-

Recipientes de recocido.-

Como ya hemos dicho, las madejas a recocer son previamente cargadas en recipientes de hierro a los efectos de substraerlo a la acción directa de los gases del horno y del oxígeno del aires.-

Son recipientes cilíndricos con tapas variadas.- En su parte superior llevan ganchos especiales a los efectos de su movimiento con ayuda de gruas o aparejos.-

Han dado buenos resultados los tachos de acero fundido que presenta una vida de 150-300 ciclos de acuerdo a la temperatura de tratamiento y características constructivas del horno.- Se aumenta su vida recubriéndolos de barnices protectores.-

Un calentamiento muy uniforme de las madejas se consigue con las vasijas provistas de pazo central.-

Las dimensiones varían según la cantidad del material a tratar.-

El LABORATORIO

La importancia que tiene en toda industria el control permanente y eficaz de la materia prima que ha de manufacturarse, es también aquí muy grande y por ello ha de dedicarse especial atención al laboratorio de análisis químico y físico de la materia prima, como así también del producto ya terminado.-

Es necesario por ello agregar también un horno para fundir y una mufla.-

Ensayo de los metales y propiedades.-

Nos referimos en forma breve a las propiedades generales más importantes de los metales, el conocimiento de las cuales es indispensable para cualquier tratamiento tecnológico, así como a los métodos más importantes para verificar la calidad de los materiales.-

A estos ensayo se atribuye particular importancia, considerándolos indispensables para el éxito de la producción, pues no sólo es necesario obtener un rendimiento adecuado en la fabricación, sino también un producto de calidad.-

En este sentido el laboratorio de ensayos y control es actualmente la guía práctica para una buena producción de calidad y un elemento insustituible para la organización de una fábrica moderna.-

El peso específico de un metal, depende también del tratamiento térmico, de la forma de fundición y del modo de enfriamiento.-

En este sentido puede también influir el tratamiento mecánico.-

La estructura cristalina de los metales.-

Pudiéndose reconocer los cristales constitutivos en superficies de fractura, estos granos cristalinos no alcanzan a tener una forma regular determinada debido al choque y roce mutuo durante su formación y resultan por lo tanto, generalmente, pequeños y no muy definidos en su forma.-

Tiene particular importancia para la formación de los cristales y de ahí también para las propiedades físicas de los metales, la rapidez con que estos pasen del estado de fusión al estado de solidez.-

Es una regla general que, cuanto más lento es el enfriamiento

to, tanto más perfecta resulta la formación de los cristales, la cual se inicia siempre en la superficie del metal.-

Puede suceder que el mismo metal, si se lo somete a tratamientos térmicos distintos, presente granos diferentes y varíen por lo tanto, en forma sustancial, las propiedades que dependen del tamaño de estos granos cristalinos.-

Así puede observarse que la fractura de metales que han sufrido un calentamiento prolongado presenta casi siempre granos gruesos.-

Esto proviene de que el aumento de la temperatura provoca la absorción de los metales más pequeños por los más grandes, lo que tiene como consecuencia un aumento progresivo del tamaño del grano.-

Si por el contrario, se somete primeramente un metal a una transformación mecánica, en temperaturas más bajas (por ejemplo en las laminadoras) entonces se estiran los granos cristalinos.- Al calentar ahora esos metales y trabajarlos en frío, se deshacen los granos estirados en partículas pequeñas, y el resultado de este tratamiento es una disgregación de granos finos o una fractura fibrosa.-

Hemos dicho antes que el tamaño de los granos tiene importancia para ciertas propiedades del metal: a continuación damos, para mejor ilustración un ejemplo: la tenacidad del acero aumenta a medida que sus granos se vuelven más finos.-

Si sus granos son más gruesos, tanto más fácil seña trabajar el acero.- Si sus granos son tan finos que es posible su calentamiento sin que engruesen estos, entonces se lo podrá trabajar con temperaturas elevadas, lo que hace aumentar la rapidez de su tratamiento.-

Esta variación de las propiedades de los metales, de acuerdo con su tratamiento térmico, tiene también sus inconvenientes.-

En efecto, en una pieza compuesta de secciones gruesas y finas es evidente que las primeras tardan más tiempo en enfriarse que las últimas, obteniendo así en el caso de fundición de hierro, una pieza cuyas secciones gruesas tienen una resistencia menor que sus partes finas, perdiendo por lo tanto su condición de homogeneidad.-

De lo expuesto se deduce, que la estructura definitiva de un metal depende de varios factores.-

Estos son: el grado de cristalización, el tamaño de sus gra

nos, la agrupación respectiva, disposición general de estos granos y otros más.-

En la actualidad se controla rigurosamente la estructura del metal mejorando así en forma sensible la producción, mientras que por el análisis se obtiene la composición respectiva de la calidad permanente de un material, elemento indispensable en todas las fundiciones.-

Los ensayos como la metalografía, los rayos X y otros similares, permiten interpretar el estado actual del metal suministrando así los datos necesarios para determinar el tratamiento más adecuado al cual debe ser sometido.-

Propiedades mecánicas de los metales.-

Resistencia

Bajo la denominación "resistencia" se comprende la intensidad con la cual los metales se oponen a las fuerzas mecánicas las cuales tienen como objeto modificar su forma primitiva a provocar su rotura.-

Estas fuerzas que pueden ser ejercidas de diferentes maneras son: tracción, compresión, flexión, torsión, etc., y por consiguiente, se habla de una resistencia a la tracción, a la compresión, etc.-

El examen de la resistencia de los metales es sumamente importante para el constructor y para la técnica en general.-

En efecto de ella depende la determinación de la dimensión exacta, vale decir, el diseño correcto de los elementos que forman en su conjunto una máquina o una construcción.-

La resistencia de los metales puede ser modificada por diferentes procedimientos, mecánicos o térmicos.- Por ejemplo la transformación mecánica de los metales a la temperatura ambiente, por medio de la laminación tiene como resultado aumento de su resistencia, pero al mismo tiempo, una disminución de su ductilidad (flexibilidad).-

También tiene influencia la temperatura, la cual a medida que aumenta disminuye la resistencia de dicho material.-

Resistencia a la tracción:

La resistencia a la tracción es el esfuerzo máximo que un metal sometido a ella, puede soportar antes de romperse.-

Para facilitar la comparación de la resistencia a tracción o carga de rotura, según su denominación habitual, de diferentes materia-

les, se la indica en kilogramos por centímetros cuadrados (resistencia específica).-

Es muy importante para alambres de líneas aéreas de gran extensión, la distancia entre poste y poste, en función de la resistencia a la tracción.-

Resistencia a la compresión.-

Todos los metales se rempen si los sometemos más o menos a un esfuerzo de tracción.-

Pero por lo general, no existe un límite de rotura por aplastamiento más allá de un cierto valor (límite de elasticidad por compresión) y se aplastan aumentándose continuamente su sección sin que se efectúe una rotura del material mismo.-

Ensayo de la compresión.-

El ensayo de la compresión de los metales se efectúa muy raras veces y solo en caso en que estos, a esfuerzos de compresión exclusivamente la reacción a la compresión lleva consigo una disminución del largo de la probeta y al mismo tiempo, un aumento de su diámetro.-

Los materiales que tienen un límite de proporcionalidad, equivale a señalar que la reducción de su longitud es proporcional al esfuerzo sufrido.-

Al efectuar el ensayo de la compresión, es importante que las 2 superficies de la probeta, la superior e inferior, sean completamente planas y paralelas, para poder obtener una repartición uniforme de los esfuerzos.-

Para compensar la falta de paralelismo de la probeta, se coloca sobre las piezas especiales contrótula o articulaciones de casquete esférico.-

Procedimiento del ensayo.-

Se coloca la probeta en la máquina de ensayo, asegurando primero un buen centrado de la probeta en los platos de la máquina en contacto perfecto de estos últimos con la base de la probeta, un paralelismo de las bases, y la perpendicularidad de éstas con el eje de la probeta.-

Luego se aplica la carga a una velocidad reducida de la máquina, midiendo después la altura en cada incremento de carga aplicada a la probeta.-

Resistencia a la torsión.-

Es la resistencia que opone el metal al ser sometido a un esfuerzo de torsión.-

Procedimiento.-

Ensayo de la torsión.-

Este se efectúa haciendo accionar sobre la probeta un par de fuerzas que actúan en un plano perpendicular a su eje.-

Metalurgia del Cobre.-

El cobre es un metal de color rojizo, bastante dulce y tenaz, muy dúctil y maleable en frío.-

Su fractura es granular cuando no ha sufrido ningún tratamiento mecánico; y en cambio es fibrosa si el metal ha sido martillado o laminado.-

Su peso específico es de 8,9 pero el cobre industrial, que es más o menos poroso, tiene una densidad de 8,2 - 8,5.-

Su punto de fusión, en atmósfera neutra o reductora (porque en atmósfera oxidante se forma el óxido cuproso muy soluble en el cobre, que lo hace un poco más fusible) es 1084°; el punto de ebullición es de cerca de 2100°, hacia los 1000° en volatilidad es prácticamente insignificante.-

Su valor específico a la temperatura ordinaria es de 0,086 a la temperatura de fusión es de 0,118.-

El cobre es uno de los metales que mejor conducen el calor y la electricidad.-

La conductibilidad eléctrica es apenas inferior a la de la plata, y muy superior a la de los metales industriales más comunes.-

Considerando 100 la conductibilidad eléctrica del cobre, se tiene el siguiente cuadro:

	Conductibilidad Electrica
Cobre	100
Plata	106
Aluminio	60
Hierro	17,5

Zinc	27
Plomo	8

Debe advertirse que pequeños porcentajes de impurezas en el cobre pueden reducir considerablemente su conductibilidad eléctrica: así el 1% de arsénico, reduce la conductibilidad en un 75%.-

Las cualidades mecánicas del cobre son las siguientes:

Resistencia a la tracción (R)	22Kg/mm ² .-
Límite de elasticidad (E)	5 "
Alargamiento (a%)	40 "
Dureza (Brinell)	46 "

El límite de elasticidad cuando el cobre está recocido se considera practicamente nulo, y por consiguiente, por acción del más pequeño esfuerzo, el cobre adquiere deformaciones permanentes.-

El cobre es un metal que bajo la acción de un tratamiento mecánico cualquiera, aumenta la dureza y se vuelve frágil.-

Este fenómeno de endurecimiento se verifica con gran facilidad.-

El cobre endurecido aumenta su resistencia a la tracción, hasta 35 - 40 kg. por mm²; el límite de elasticidad aumenta también; el alargamiento disminuye y llega a ser también inferior a 5%.-

Calentando a temperatura conveniente (recocido) el cobre endurecido vuelve a adquirir sus cualidades primitivas.-

Esta temperatura debe ser superior a 125°, y tiene su optimun a 400°.-

Cuanto más alta es (por encima de 125°) tanto más rápidamente el cobre readquiere sus cualidades.-

El conocimiento de lo dicho, es muy importante en la práctica porque de acuerdo a ello, se puede regular la temperatura que los objetos de cobre pueden soportar sin disminuir su resistencia a las deformaciones.-

Además sirve para encontrar la forma de facilitar el trabajo mecánica que se ejecuta sobre el cobre (martillado, lamina-

ción, etc.) ya que, en efecto, en estos casos el metal se endurece y el trabajo se vuelve siempre más difícil.-

Para evitar este inconveniente, basta recocer de tanto en tanto el metal, hasta lo necesario, para que el trabajo vuelva a ser fácil, o bien se puede, sin más operar en caliente a una temperatura en que el recocido compensa el grado de endurecimiento producido por el trabajo.-

Las cualidades mecánicas del cobre también resultan alteradas por la presencia, en su masa, de otros metales o metaloides que aparecen en él como impurezas.-

La acción nociva es especialmente sensible en el caso del arsénico del antimonio y del fósforo-

El cobre en estado de fusión tiene el poder de disolver diversos gases, entre los cuales, en proporción considerable el anhídrido sulfuroso, que sin embargo por debajo de 1000° ya no puede difundirse más, y el óxido de carbono.-

El anhídrido carbónico y el nitrógeno no son solubles en él.-

El anhídrido sulfuroso reacciona también con el cobre.-

La mayor parte de los gases que se disuelven en el cobre fundido, cuando el metal solidifica, tienden a volver al estado gaseoso y a separarse.-

La formación de porosidades y sopladuras que se encuentran normalmente en la masa metálica solidificada, se debe a este fenómeno.-

La solubilidad de los gases en el cobre líquido, aumenta con la temperatura.-

Así mientras a 1125°, 100 gramos de cobre disuelven 0,453 gramos de SO₂, a 1400° disuelve 0,835 gramos.-

Entre las propiedades químicas del cobre, importantes desde el punto de vista metalúrgico, están las que posee el metal que se combinan en caliente con el oxígeno y con el azufre, dan los compuestos que siguen:

Oxido cuproso	Cu ₂ O
" cuprico	Cu ₂ O
Sulfuro cuproso	Cu ₂ S
" cuprico	Cu ₂ S

En frío el cobre no se combina con el oxígeno: la oxidación empieza a verificarse a 400° - 500° dando lugar a la formación de una mezcla de ambos óxidos, que se destacan poco a poco del metal, en forma de láminas.-

El óxido cuproso (Cu₂O) es un compuesto de color rojo, fusible a más de 1200° estable a las altas temperaturas, soluble en el cobre fundido, que forma con el cobre un eutéctico que contiene el 3.5% de Cu₂O (que solidifica a 1065°) el cual cuando se separa es de estructura de láminas que quedan interpuestas con no mucha adherencia, a la masa del cobre.-

De esto deriva cierta menor resistencia del cobre que contiene óxido cuproso disuelto: y cuando más importante es la cantidad de éste que se encuentra disuelta, tanto mayor es la disminución de la resistencia.-

Con el 2.55% disminuye enormemente la maleabilidad en frío, pero el metal aún no es frágil en caliente y puede ser usado sin inconvenientes sensibles: cuando contiene el 6,7% de Cu₂O, se vuelve entonces netamente frágil en caliente y no puede emplearse para el trabajo mecánico.-

Preparación de las matas.-

La mata de cobre no es otra cosa que una mezcla de sulfuro cuproso y de otros sulfuros metálicos, en la práctica principalmente sulfuro de hierro, siendo los minerales de cobre más difundidos, que son los sulfurados, los que contienen siempre notables cantidades de hierro.-

Según algunos autores, las matas contienen, además de simples sulfuros, también compuestos complejos entre los cuales el sulfuro doble $5 \text{ Cu}_2 \text{ S} \cdot \text{Fe S}$ que se forma justamente entre los cuales el sulfuro cuproso y el sulfuro ferroso; contiene el 71,7% de cobre y funde a 1121°.-

<u>Contenido en cobre</u>	<u>Punto de fusión</u>
32,6%	875°
6,12%	1070°
71,7%	1021°
80,1%	1098°
100.-%	1084°

Oportunamente se ha dicho que los minerales de cobre sulfurados, que constituyen la materia prima más abundante para la extracción del cobre, son primeramente sometidos a cierto grado de tostación.-

Por este tratamiento se obtienen mezclas de sulfuros y óxidos metálicos, unidos con sales.-

Cuando estas mezclas se llevan a más de 1100°, ellas en general empiezan a fundir y del más íntimo contacto entre los diversos componentes, dada la alta temperatura, se originan diversas reacciones de las cuales las más importantes son aquellas debidas al azufre.-

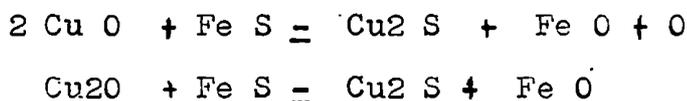
El azufre tiene una afinidad con los diversos metales que va decreciendo desde el cobre hasta el aluminio, según el siguiente orden: cobre, níquel, cobalto, hierro, magnesio, zinc, calcio, magnesio aluminio.-

Es necesario considerar que la sílice, siempre presenta en la ganga de los minerales, tiene la mayor afinidad por el óxido ferroso, cuya basicidad es muy superior a la de óxido cuproso.-

Poniendo pues a fundir los minerales calcinados, y considerando los componentes principales de ellos, combinaciones del cobre, el hierro y el azufre con la sílice, sucede que el cobre tenderá a combinarse con el azufre para dar $Cu_2 S$, y así hará también el hierro para dar $Fe S$: pero si no hay azufre en cantidad suficiente para transformar todo el hierro en $Fe S$, la parte sobrante, se transformará en $Fe C$, después, se combinará con la sílice dando origen a

una escoria, formada por silicatos de hierro.-

Si hubiese cobre presente en estado de óxido y, en cambio, hierro en estado de sulfuro, se originarían las siguientes reacciones:



Calculando por consiguiente un adecuado lecho de fundición de modo que la escoria que debe formarse sea fusible debajo de los 1100° puesto que ella no tiene poder disolvente alguno sobre los sulfuros metálicos, dejando en reposo la masa fundida formada por los sulfuros y por la escoria, sucederá que por la diferencia de densidad entre estas dos categorías de componentes se formarán dos capas separadas, la inferior de mata, la superior de escoria.-

La separación de estas dos capas, será naturalmente tanto más rápida cuanto más diferente sea la densidad de las dos capas y cuanto más fluidas sean.-

En base al acontecimiento, a la composición de todos los materiales disponibles se llega a calcular el lecho de fundición apto para obtener una escoria de determinada composición, inferior al 45 - 50%, con el objeto de no incurrir en el riesgo de escorificar también el cobre.-

La tabla que sigue a la composición de algunas escorias típicas.-

		Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Si O ₂	%	33.12	36.17	40.--	39.80
Fe O	%	52.20	46.25	42.50	32.34
Al O ₃	%	6.76	5.68	4.20	3.18
Ca O	%	3.42	4.04	7.50	19.60
Mg O	%	1.28	1.80	2.--	1.18

Es necesario por fin, referirse al comportamiento de los otros elementos presentes en el mineral durante la operación de las matas.-

El óxido de zinc se reduce en parte, y el zinc volátil:

a las altas temperaturas puede reoxidarse; en parte se transformará en sulfuro, que pasa ya sea a la escoria como a la mata.-

La presencia del Zn O en la escoria disminuye su fluidez.-

El óxido de plomo reducido a plomo metálico en parte transformado en sulfuro, pasa a la mata.-

El arsénico y el antimonio, presentes en el mineral calcinado como arseniatos y antimoniatos, solo en parte se encuentra en la mata, como arseniuros y antimoniuros.-

Los sulfatos de calcio y de bario, son transformados en sulfuros y pasan a la escoria.-

La plata y el oro se disuelven en la mata.-

Durante la fusión para preparar la mata, se tiene una pérdida, ya sea de cobre, porque una parte de la mata pasa a la escoria, ya sea de azufre, porque una parte de la de él se quema transformándose en SO₂.-

El término medio se puede considerar que la pérdida del cobre alcance el 7%, y la del azufre al 15%. -

Refinamiento electrolítico del cobre.-

El método de refinar metales se basa fundamentalmente en lo siguiente: el metal impuro actúa como ánodo en un baño electrolítico.-

El electrolítico es una solución de una sal pura del metal a refinar, y el cátodo es una hoja de metal refinado o de un metal del cual puede ser fácilmente separado.-

Al pasar la corriente el metal se disuelve, con ciertas impurezas.-

Estas son electro negativas con respecto al cobre por lo que permanecen adheridas al metal impuro.-

Al final deben ser disueltas en ácido libre, en cuyo caso pueden ser reprecipitadas volviéndolas a poner en contacto con el ánodo o el cátodo.-

Algunos metales son precipitados como sal insoluble tan pronto como se disuelven y son por lo tanto eliminados en la posterior acción de la corriente eléctrica.-

El baño llega a contaminarse con ciertas impurezas en el ánodo y éstas, se depositarían eventualmente en el cátodo, si el baño no se purificara de tiempo en tiempo.-

Una composición representativa de cobre crudo que constituyen los ánodos del proceso que nos ocupa, es la siguiente:

Cobre	98 a 99,5%
Plata	0 a 300 onzas por tonelada
Oro	0 a 40 onzas por tonelada
Arsénico	0 a 2%

El cobre refinado contiene aproximadamente 99,5% de cobre, la solución electrolítica está formada por SO_4Cu y SO_4H_2 , conteniendo un 16% de ácidos libres y un 3% de Cu.-

La densidad de corriente es de 0,3 hasta 4,8 amper por dm^2 (decímetro cuadrado), (4 - 45 amper por pie cuadrado) de la superficie del cátodo, y el voltaje por célula electrolítica de 0,1 a 0,3 V.-

El electrolito circula lentamente de tanque a tanque.-

Los cátodos, llamados hojas, son finas láminas de cobre refinado.-

Los electrodos pueden arreglarse de 2 maneras, en serie o con el sistema múltiple.-

Este último alterna un cátodo y ánodo sucesivamente y es más económico.-

Ultimamente se ha presentado un método hidrometalúrgico en Chuquicamata que consiste en la extracción electrolítica directa del material en Chile.-

El mineral se disuelve en una solución de ácido sulfúrico diluido, la que es conducida a las células del electrolisis donde se la aplica el proceso clásico.-

Originariamente se usaron ánodos de magnetita fundida pero actualmente fué reemplazado por duriron (que es una aleación de hierro con 12% de silicio), aunque ya se nota una tendencia a sustituir éste por una aleación de cobre, hierro y silicio.-

Metodos de analisis.-

Cobre.-

Para determinar el porcentaje de cobre de minerales, concentrados, aleaciones o barras, existen diversos métodos que dividiremos en electrolítico y volumétricos.-

Metodo electrolítico.-

Sin duda que el método electrolítico es el más exacto, a la vez que el más elegante para determinar cobre.-

Es especialmente apropiado para leyes altas, usándose de preferencia en las barras de cobre metálico.-

Para someter a la electrólisis la solución de cobre, se prefieren siempre los electrodos fijos de Winkler, por su bajo peso, no más de 15 gramos.-

El cátodo está formado por cilindro abierto de 5 cm de altura y 3 cm de diámetro, construido de tala metálica de platino iridiado, sostenido por un grueso alambre de platino.-

El ánodo está formado por una hélice de alambre de platino.-

Antes de iniciar la electrólisis se ha tenido la precaución de limpiar convenientemente los electrodos, en especial, el cátodo que recibe el cobre.-

Se limpian con una ~~mezcla~~ mezcla de alcohol etílico y éter sulfúrico a fin de eliminarle las grasas.-

Se saca en la estufa y se pesa el cátodo antes de iniciar la operación.-

Terminada la deposición del cobre se vuelve a pesar, siguiendo las indicaciones que oportunamente daremos.-

La diferencia de peso corresponde al cobre.-

Determinación del cobre.-

Se determina por electrólisis.-

Esta determinación es la de mayor importancia, pues las que vienen a continuación, constituyen las impurezas que suele llevar el cobre refinado.-

a) Determinación de plomo.-

Gravimétrico.-

Se pesan 50 gramos de viruta de cobre, en dos porciones en dos vasos de 1 litro, o sea en total una muestra de 100 gramos.-

Se agrega HNO_3 concentrado poco a poco y muy cuidadosamente hasta su completa disolución.-

Una vez conseguido esto, se coloca en el baño de arena para expulsar completamente los vapores rojos, se reduce un poco de volumen y se agregan unos 5 cc. de H_2SO_4 , 1 : 1 y 300 cc. de agua.-

Se hierve hasta disolución y se enfría.-

Se diluye a 900 cc. y se electroliza usando cátodos de cobre para eliminar completamente este metal, con una corriente de 6 amperes.-

Luego de separado el cobre por esta electrólisis, se lava bien el cátodo con agua y el ánodo con HCl en el mismo vase.-

Se evapora entonces hasta fuertes humos blancos de SO_3 , se enfría y se agregan 15 cc. de agua y más o menos 40 cc. de alcohol para insolubilizar mejor el sulfato de plomo, y se deja sedimentar durante la noche.-

Se filtra en un crisol Gooch de peso conocido, se pone a la estufa a una temperatura no muy alta.-

Antes de secar el Gooch, debe lavarse muy bien con H_2SO_4 diluido y frío, y por último, con alcohol.-

Una vez seco se pesa.-

Luego se trata el Gooch con una solución de acetato de amonio para disolver el precipitado de sulfato de plomo.-

Luego se lava 5 veces con agua y por último con alcohol.-

Se seca y pesa nuevamente.-

La pérdida de peso corresponde al peso del sulfato de plomo.-

Electrolítico.-

Aparte del método gravimétrico que ya indicamos para determinar la impureza correspondiente al plomo en los cobre refinados, existe este método electrolítico que anotamos a continuación.-

Se pesan 50 gramos de viruta y se disuelven en la menor cantidad posible de HNO_3 concentrado.-

Luego de disuelto, se agrega una cucharadita de carbonato de calcio, se hierve y se enfría.-

Se agregan, carbonato de amonio con el objeto de precipitar el carbonato de calcio y plomo.-

Se hierve y sedimenta unas 5 horas.-

Luego, por medio de un sifón, se decanta la mayor cantidad posible de líquido y se disuelve en el mismo vaso de precipitados de carbonatos, en la cantidad suficiente de HNO_3 concentrado, para producir la disolución.-

Se hierve, enfría y trasvase a un vaso de 600 cc.-

Se somete a la electrólisis con una corriente de 5 amperes, el plomo se deposita en el ánodo en forma de PbO_2 .-

Se saca luego el ánodo, sifoneando primero el ácido y reemplazándolo por agua destilada.-

Luego, se saca y lava con agua y alcohol.-

Se seca en la estufa suavemente y se pesa.-

El aumento de peso corresponde al PbO_2 .-

Observación.-

Debemos aclarar en esta electrólisis que hemos indicado para determinar el Pb como PbO_2 en que forma se debe recoger el peróxido de plomo formado.-

Hemos dicho que se ha depositado en el ánodo.-

Para ello usaremos los electrodos fijos y reticulares de Winkler.-

Solo que en este caso, la hélice de Winkler que forma el ánodo, ha sido reemplazada por un cilindrito de tela de platino iridia de 1,5 cm. de diámetro por 5 cm. de altura.-

Sobre este cilindrito se puede depositar hasta 0,2 gramos de PbO_2 .-

b) Determinación del níquel.-

El filtrado del sulfato de plomo en la determinación gravimétrica del plomo, contiene el níquel.-

Para determinarlo se procede así: se hace pasar este filtrado ácido sulfhídrico hasta que precipiten los sulfuros del segundo grupo.-

Luego se filtran los sulfuros obtenidos, se hierve para expulsar el exceso de H_2S del filtrado.-

Se oxida con HNO_3 , o agua de bromo.-

Se enfría y se hace debilmente amoniacal, se hierven y agregan 25 cc. de una solución al 1% de dimetilglioxima, se hierve nuevamente y se deja decantar muy bien.-

Luego se filtra en un Gooch tarado.-

Se lava varias veces con agua caliente y finalmente con alcohol.-

Se seca y pesa.-

El aumento de peso correspondel al niqueldimetilglioxima.-

c) Determinación del hierro.-

Se toman 50 gramos de muestra en un vaso de 100 cc., el que ha sido previamente limpiado con HCl y agua destilada.-

Se cubre la muestra con un poco de agua y se leva agregando poco a poco y muy cuidadosamente HNO_3 concentrado hasta completa disolución.-

Se hierve, enfría y se hace amoniacal.-

Se vuelve a hervir y se filtra el hidróxido férrico obtenido.-

Este hidróxido se disuelve con HCl , lavando después muy bien y recogiendo el cloruro férrico formado en un vaso limpio.-

Se diluye un poco y se hace pasar H_2S , para precipitar restos de cobre que pudieran haber ocluidos en el precipitado de hidróxido férrico.-

Se filtra para separar el sulfuro de cobre.-

Al filtrado se le hace hervir para expulsar el exceso inevitable de H_2S .-

Se oxida con HNO_3 o con agua de bromo y se precipita nuevamente el hidróxido férrico con amoníaco.-

Se hierve nuevamente y se hace decantar, se filtra y se calcina el filtro con el hidróxido férrico, obteniendo así el óxido férrico $Fe_2 O_3$ pesándolo como tal.-

Determinación volumétrico del hierro.-

Puede también determinarse volumétricamente el fierro, aprovechando las indicaciones dadas en el párrafo anterior hasta la obtención del cloruro férrico, después de haber sido expulsado el exceso de cobre que haya podido quedar ocluído, como también el exceso de ácido sulfhídrico que se uso para eliminarlo.-

Para determinar el hierro tendremos que observar las indicaciones de Zimmerman - Reinhardt.-

Se reduce el cloruro férrico a cloruro ferroso mediante la adición de cloruro estañoso gota a gota, hasta que desaparezca la coloración amarilla típica de las sales férricas.-

Esta reducción se efectúa casi a la ebullición.-

Se diluye después hasta unos 300 cc. y se deja enfriar

Una vez frío se agregan unos 5 cc. de solución de cloruro estañoso.-

Se agregan luego 5 cc. de solución de Reinhardt.-

La adición de solución Reinhardt es indispensable cuando se va a valorar hierro en presencia de ácido clorhídrico.-

Adicionado de solución de Reinhardt procedemos a valorar con solución de permanganato de potasio valorada en frío, hasta que una débil coloración rosada nos acuse la total oxidación del fierro.-




B I B L I O G R A F I A

- Arend, A.G. COPPER WIRE DRAWING
Metal Ind. (Lond.), 1934, XLV, 579-580
- Richards, J.G. LUBRICATION FOR DRAWING COPPER WIRES.
Wire & Wire Products. 1934, IX,
338-339, 355. A few practical hints.
- Francis, E.I. THE HOT DRAWING OF COPPER WIRE.
Wire Ind., June, 1936, 243.
- COPPER WIRE DRAWING.
Wire Ind., Jan., 1938, 23-24
Usual procedure and an experimental
hot process.
- MODERN WIRE DRAWING, WORKS OF SPENCER
WIRE CO., WAKEFIELD.
Electrical Rev., 1940, CXXVI, 389-391
Copper wire, strip and bar production.
- PROGRESS IN WIRE DRAWING
Metal Ind. (Lond), 1940, LVI, 89-91
Review article, Practice in different
countries and typical British equipment.
- THE ROBERTSON 21-DIE COPPER WIRE DRAWING
MACHINE.
W.H.A. ROBERTSON & CO. LTD. LYNTON WORKS,
BEDFORD.
Wire Industry, 1941, VIII, 175-180
- Randall, W.F. WIRE-DRAWING. A REVIEW OF MODERNS
METHODS AND MACHINES.
Metal Ind., 1945, LXXVII, 50-52;
66-69; 88-90.
Paper to London Local Section of the
Institute of Metals.
The author discussed the process in detail
the mechanism of lubrication and the design
and manufacture of dies.-
Methods of annealing are also described.
- Davidson, N, WIRE-DRAWING MACHINES - PAST, PRESENT
AND FUTURE.
Wire Inds., 1946, XIII, 211-215
- COPPER WIRE DRAWING
Wire Ind., 1946, XIII, 497-498
Hints on cleaning copper wire after
drawing, and recommendations for
drawing lubricant.
- METHODS OF FABRICATION IN SWISS
METALLURGICAL FACTORIES.
Pt. 4 - Drawing, Pro-Metal, Oct. 1948
p. 162
- WIRE DRAWING AT B.I.C.C. PRESCOT.
Metal Treatment, Vol. 15 (Winter 1948/49)
- WIRE MANUFACTURE - ELLECT WORKS OF
I.C.I. (METALS) LIMITED.
Metal Industry Vol. 75 (5th August 1949)

- NEW MARSHALL RICHARDS NON-SLIP MODEL
MULTIPLE HOLE HIGH-SPEED 'PACEMAKER'
WIRE DRAWING MACHINE.
Wire Ind., 1946, XIII, 265-267
High-speed wire-drawing machines
equipped with from two to nine blocks,
each block independently driven by
a variable-speed D.C. motor, are
described. The fastest machines can
finish wire at up to 2,000 ft./min.
The wire, as it runs from one block
to the next, passes over a spring-
loaded swinging arm which automatically
adjusts the speed of the motor driving
each block, causing it to run without
slip at exactly the speed required.
- NON-FERROUS WIRE MANUFACTURE IN ENGLAND
Wire and Wire Products, 25th March 1950.
p. 218
- Cleaver & Miller WIRE-DRAWING TECHNIQUE AND EQUIPMENT
Jnl.Inst. Metals Vol. 78 Pt. 5 (1950-51)
- Woods & Martin The Testing Of Fine Wires For
Telecommunication Apparatus
Proc. I.E.E. Vol. 98 Pt II, No 64
(Aug. 1951) p. 529.
- A. King & D. Mc Alister THE ELECTRICIAN
10th November 1950
- Wistreich Problem Of Die Wear, with special
reference to the Performance of Sintered
Carbide Dies.
- Wistreich PROFILE OF WIRE-DRAWING DIES;
Iron and Coal Trades Review, Vol CLX
(16th March 1950)
- Symposium on the use and care of Diamond
Wire-drawing Dies; Wire & Wire Products,
Vol. XXV, (Feb. 1950) pp. 145, 156 and 159.
- Symposium on Tungsten Carbide Dies, Wire &
Wire Products, Vol XXV (Feb. 1950)
pp 133, 138, 166
- Wall Dies for Wire Drawing. Materials & Methods.
Vol. XXIII (March 1946) p 717
- Davidson Future Trends in Machinery & Dies for the
Wire Trade, Wire Industry Vol XV,
(Jan 1948) p. 37.
- Richards Lubrication for Drawing Copper Wires, Wire
& Wire Products - Vol IX (1934) pp 338, 355
- Williams An important Factor in the Production of
Bright Copper Wire, Wire & Wire Products
Vol XIII (1938) p. 283
- Williams Electrodeposition of Wire-drawing Lubricants
Wire and Wire Products Vol XII (1937) p 757.
- Copper Wire Drawing, Wire Industries
Vol XIII (1947) p. 497.

Bastian	How to Choose Wire Drwing Lubricants, Iron Age, Vol CLXV, 9th March, 1950.
Deering	Copper Conductor Defects. Origin in Various Process Stages, Electrical Review Vol 125 (3rd Nov. 1939) p. 576 and 11th Nov 1939 p. 617.
Weaver	Development of Apparatus for Shavin Copper. Wire Commerccally, Wire & Wire Products, 15th Oct. 1940 p. 517
Basset	Dustless and Silverless Copper Wire, Iron Age. 5th. Sept. 1940.p. 36.
Robinxon	The Inside of Electrical Machines Pt. XI Electrician, 20th Sept. 1946. p. 787
Bass	Silicones - High Polymeric Substances, Modern Plastics Vol XXII, Nov. 1944 p. 231
-----	Glass Insulation Activities, Wire Industry Vol XII, Jun 1945, p. 301
B.S. 7/1946	Insulated Annealed Copper Conductor for Electrical Power & Lightning
B.S. 159/1951	Enamelled High Conductivity Copper Wires
B.S. 1168/1949	Diamond Dies for Wire Drawing
B.S. 1497/1948	Impregnated Asbestos-covered solid Copper Conductor.
Hofman	Metalurgia General
Wiley and Sons	Wire its manufacture and uses
Reinhold-Rand	Trefilación de Alambres.
Anton Pomp	La Trafilatura del filo d'acciaio
-----	Normas IRAM nº 2084, 2004, 2011
-----	The Wire Industry Encyclopedic Handbook 1951-1952
Ing.R. Hinzmann & Ing.A. Peter	Los metales no férreos y su trabajo con prensa.-
MM.F. Neveu et Ieón Henry	Manual Práctico de la Laminación del Hierro (Manuel Pratique de Laminage du Fer)
F.J. Camm	Wire and Wire Gauges
Ricardo R. Monreal	Oro, Plata y Cobre (El laboratorio y sus métodos analíticos).-
Biedermann & Hasedieff	Fundición de metales no férreos
Prof. D'Ambra	Tratado de Metalurgia del Acero y el Cobre
Rafael Redondo	Operaciones mecánicas de los metales
Tucker y Roberts	Plásticos para material eléctrico
A. Protevin	Introducción al estudio de los Tratamientos Térmicos de los Productos Metalúrgicos
Ernest Teichert	Introduction to Ferrous Metallurgy

Mohn Perry	Chemical Engineers' Handbook
Continental Service	Vademecum Tecnico Industrial
Franck C. Vilbrandt	Chemical Engineering Plant Design
Varios	Management and Maintenance
Varios	Chemical and Engineering
Varios	El Exportador Americano Industrial
Varios	Ingeniería Internacional Industria
-----	Brass, Bronze and Other Copper Alloy
N. G. Beveridge	The Production of Copper Conductors for Electrical Purposes. Trans. South African Inst. Elec. Eng. 1951, Vol 42, Part 6 June, p. 191
S. Rolle	Fabrication of Copper Wire, Wire and Wire Products, 1952, Vol. 27, Nº 1 p. 35
-----	Rod and Wire production Practice, Vol. 3 of Symposium Series
H.J. Tucker & J.A. Monks	Electric furnaces for the Wire Industry; Modern Equipment & Processes Described - Parts I and II, Wire Industry, 1948, Vol 15, June, p. 384, July p. 451

F O L L E T O S

Fenn Tandem Mills	THE FENN MANUFACTURING COMPANY
Apex Wire Drawing Compounds	APEX ALDALI PRODUCTS CO.
Plastic's Extrusion Equipment	NATIONAL RUBBER MACHINERY CORP
Cold Drawing Equipment	THE VAUGHN MACHINERY CORP.
Modern Plastic Extruding Equipment	MODERN PLASTIC MACHINERY CORP.
Marvinol Vinyl Resins	NAUGATICK CHEMICAL
Erinoid P-V-C	ERINOID LIMITED
The Manufacture of Cemented	
Tungsten Carbide	MUREX LIMITED
Fenn Metal Processin Machinery	THE FENN MANUFACTURING COMPANY
Doppeldruck-Kaltstauchpressen	J.G.Kayser NURNBERG (MASCHINEN- BABRIK)
Type B-16 Coarse Fine Wire Dra- wing Machine	SYNCRO MACHINE COMPANY
Wire Drawing Machines	AMERICAN INSULTAING MACHINERY
Complete Vacuum Processing Systems	BROGO & CO.
Continuous Vulcanizing Equipment for Wire & Cable	THE STANDARD MACHINERY Co.
Davis-Standard. Extruding Machi- nes	THE STANDARD MACHINERY Co.
Type D-13 Heavy Intermediate Wire Drawing Machine	SYNCRO MACHINE COMPANY
Copper brass aluminium low car- bon high carbon stainless alloys	UNITED ENGINEERING AND FOUNDRY Co.
The Machines that put the "Rings" en Springs"	SLEEPER & HARTLEY CO.
Torsion Spring Machine	SLEEPER & HARTLEY CO.
Universal Sprin Coiler	SLEEPER & HARTLEY CO.
Sinfra wire and cable knitters	FIDELITY MACHINE COMPANY INC.
Lindberg Controlled Atmospheres for heat treating	LINDBERG ENGINEERING CO.
Two Chamber Induction furnaces for Melting and Holding Non-ferrous Metals	LINDBERG ENGINEERING CO.
Production Extruding Machines	JOHN ROYLE & SONS
Plastic Extrusion Machine	R.H. Windsor Ltd.
Twin Screw Extruder	R.H. Windsor Ltd.

Hydraulic Pre -Pumps-Rolling ting Machines	
Silatic Facts	DOW CORNING CORPORATION
Better tools for Defense Production	SURFACE COMBUSTION CORPORATION
Black Wire Nail Machines Di- vision	THE OHIO ELECTRIC MFG.CO.
Schnellversel-Maschinen	J.A. KRAFT MASCHINENFABRIK
Mehargängige, stehende umpspinn Maschinen	J.A. KRAFT MASCHINENFABRIK
Premier Wire Drawing Machines	W.H.A. ROBERTSON & CO. LTD.
Cluster Roll Coiling Machines	SLEEPER & HARTLEY INC.
	SIR JAMES FARMER NORTON & CO. L
Gleitlose Hochleistungs- Mehrfach-Ziehmaschinen	WESTERSCHULTE, WEGENER & Co.
PLASTIC EXTRUDER	FRANCIS SHAW
Equipo Moderno para Extrusión	B.H. DAVIS-STANDARD MACHINERY Co
Automatische Zweispitznieten-Schlitzmaschine	J.G. KAYSER
Type Insulating Machine	CROWTHER POURTIER LTD.
Plasticizer	HOOKER ELECTROCHEMICAL COMPANY
CARBIDE precision Gage Blocks	PRATT & WHITNEY
Wire Enameling Machine Wire Insulation Winding Machines	AMERICAN INSULATING MACHINERY CO
Hartmetall-Ziehstein Poliermaschine	U.R. HARTMETALLIZIEHSTEINE
Extruding Machines	JUSTIN H. RAMSEY Vice-President of JOHN ROYLE & S
Intermediate Single Hole Frame	SLEEPER & HARTLEY INC.
Standard and Special Dies for Wire, Bar, Tubing and Sheet Metal	CARBOLOY COMPANY INC.
	MULIER & SCHWAMBORN
	ALFAMETER
Tungsten Carbide	ADAMAS CARBIDE CORPORATION
Ziehwerkzeuge und Matrizen	FRIEDR. WILH. BRUDER BREITENBARCH MALMEDIE
New Developments in Wire and Cable Insulation	BAKELITE DIVISION ALFRED SENCER
Composition and PHYSICAL PROPER) TIES	ANACONDA - THE AMERICAN BRASS CO

TRAFILACION DE ALAMBRE DE COBRE

RESUMEN DE TESIS

Alumno del Doctorado en Química

Rafael Gurovich

Padrino de Tesis

Ingeniero J.M. Bados.

HISTORIA: 4.600 años AC se elaboraron alambres de metales no ferrosos y la biblia habla de alambres de oro. En Egipto utilizaron trafilas de madera dura 4000 AC. encontrándose datos que demuestran que China utilizaba como matrices, piedras agujereadas. Este proceso tuvo desarrollo en el siglo 14 con la aplicación del molino hidráulico pero su mayor impulso se debe a los grandes adelantos de la industria eléctrica durante el siglo 19.-

LA MATERIA PRIMA: Es el alambrón de cobre electrolítico de 99,99% de pureza, que en nuestro país se utiliza con un diámetro de 12,7 mm \emptyset , obtenido por laminación en caliente de la palanquilla.- Debe tener la superficie libre de rebarba de sección redonda y uniformidad de diámetro.-

LAMINACION: En este proceso participan de los principios de la forja, del estampado y del embutido, pues en ambas existen en cierto modo aplastamiento y estirado del metal, con la diferencia que el metal sale con continuidad de forma y no son productos determinados sino que necesitan una operación complementaria para su aplicación en la industria.- Lo fundamental de esta operación lo constituyen dos elementos cilíndricos de ejes paralelos (normalmente) con giros diversos entre si y de igual diámetro y velocidad potencial.- Los cilindros se montan horizontales dejando entre sus superficies interiores una cierta separación correspondiente al espesor que se desea tener.- Al aproximar el material a los cilindros en movimiento la presión ejercida por éstos los comprimen y arrastran por adherencia hacia su menor distancia, produciéndose así, un aplastamiento y un estirado progresivo por desplazamiento del metal paralelamente a la fibra media y tanto más marcado cuando que las capas se acerquen más a la periferia donde se aplica el arrastre.-

EQUIPO : Los aparatos más comunes son; Bancos, trefilas a bobina y múltiples y bancos a "carrito" para barras derechas o de tracción recta.-

EQUIPO:

1º Hay bancos trafiladores de varios tipos de acuerdo al diámetro del alambre que se vaya a elaborar.- En orden decreciente de diámetro encontramos desbastadores (rod block) 12,7 mm Ø hasta 6.00 mm Ø, bancos a bobina de 6,00 a 2,00 mm.Ø y de 2.00 mm.Ø en adelante, y múltiples de varios pasos.-

TRAFILAS, PLACAS Y DIAMANTES : Las dimensiones de un alambre están dados por el tamaño de la garganta de las trafilas y su forma.

La eficiencia del proceso de reducción así como la homogeneidad superficial y calidad del alambre depende de la zona de reducción de la trafilas.

La entrada del cono de la trafilas tiene forma de campana para eliminar bordes filosos que podrían dañar al resto del alambre.- La salida es acanalada para fortalecer la misma.- La conicidad de la zona de reducción depende del metal, lubricante y porcentaje de reducción.-

Dado que el alambre es trafilado con una tolerancia muy pequeña en medida, es importante que el agujero de la trafilas se mantenga en medida el mayor tiempo posible.- La garganta se fabrica cilíndrica del largo de su diámetro aproximadamente.-

Es práctica general rectificar las mismas desgastándolas para darle una nueva medida en una máquina con herramienta de corte cargada con abrasivos en polvo (polvo de diamante y carborundum)

PROCESO: Comienza con la preparación del alambrón a fin de que este pueda ser introducido en la primera trafilas, operación que se efectúa en máquinas sacapuntas.- En caso necesario hay que eliminar la capa de óxidos que suele traer de la laminación.-

Este decapado que puede hacerse de varias maneras generalmente se efectúan con ácidos sulfúrico o clorhídrico, dando lugar a una serie de reacciones que hacen que éste no sea un método uniforme sino que deberá adaptarse a cada tipo de óxido que se forme.- Económicamente es conveniente la utilización de inhibidores que son moderadores del decapado.-

Durante el proceso de trafilación el material es sometido a la in-

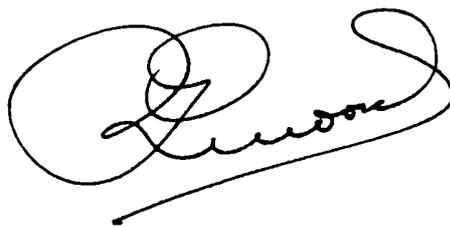
fluencia de fuerza de tracción, actuando en sentido longitudinal y fuerza de compresión actuando en sentido radial, determinada por las paredes del agujero de las trafilas, con lo cual se lo reduce a una sección correspondiente a aquella de salida de la trafila y al mismo tiempo es alargada.-

Se diferencia del laminado en que su elemento de trabajo (la trafila) es inmovil y el estirado del material obedece a un principio mecánico inverso.- El corrimiento de molécula es inverso del laminado por cuanto en este caso la periferia queda comprimida contra las paredes de la trafila disminuyendo la presión al aproximarse el eje del orificio. Por ello, si se trasara una serie de planos diametrales en la parte no trefilada, la deformación del mismo sería de convexidad a la que se produciría en el caso del laminado.-

En los casos que son necesarias grandes deformaciones se usa como regla subdividir el proceso de trafilación en varias etapas, llevando luego el material a su estructura inicial mediante un recocido intermedio.-

El recocido puede efectuarse por diferentes tipos de hornos; húmedos, secos (al vacío) hornos continuos, en hornos con cámara, con horizontales o verticales, con inyección de gases y/o reductores, etc.

EL LABORATORIO: es fundamental para el control permanente del proceso, para instalación de un laboratorio físico y químico que entre otras tareas controlará la materia prima, el proceso de recocido el ensayo en diferentes etapas del proceso , pureza, resistencia a la tracción, a la compresión , a la torsión, etc.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Bado' with a stylized flourish at the end.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Bado' with a large, circular flourish at the beginning.