



Procesos Industriales

Laminación Rolado y Trefilado de metales

Ing. Ulrich Scharer S.

Colección cidi
Tecnología

1

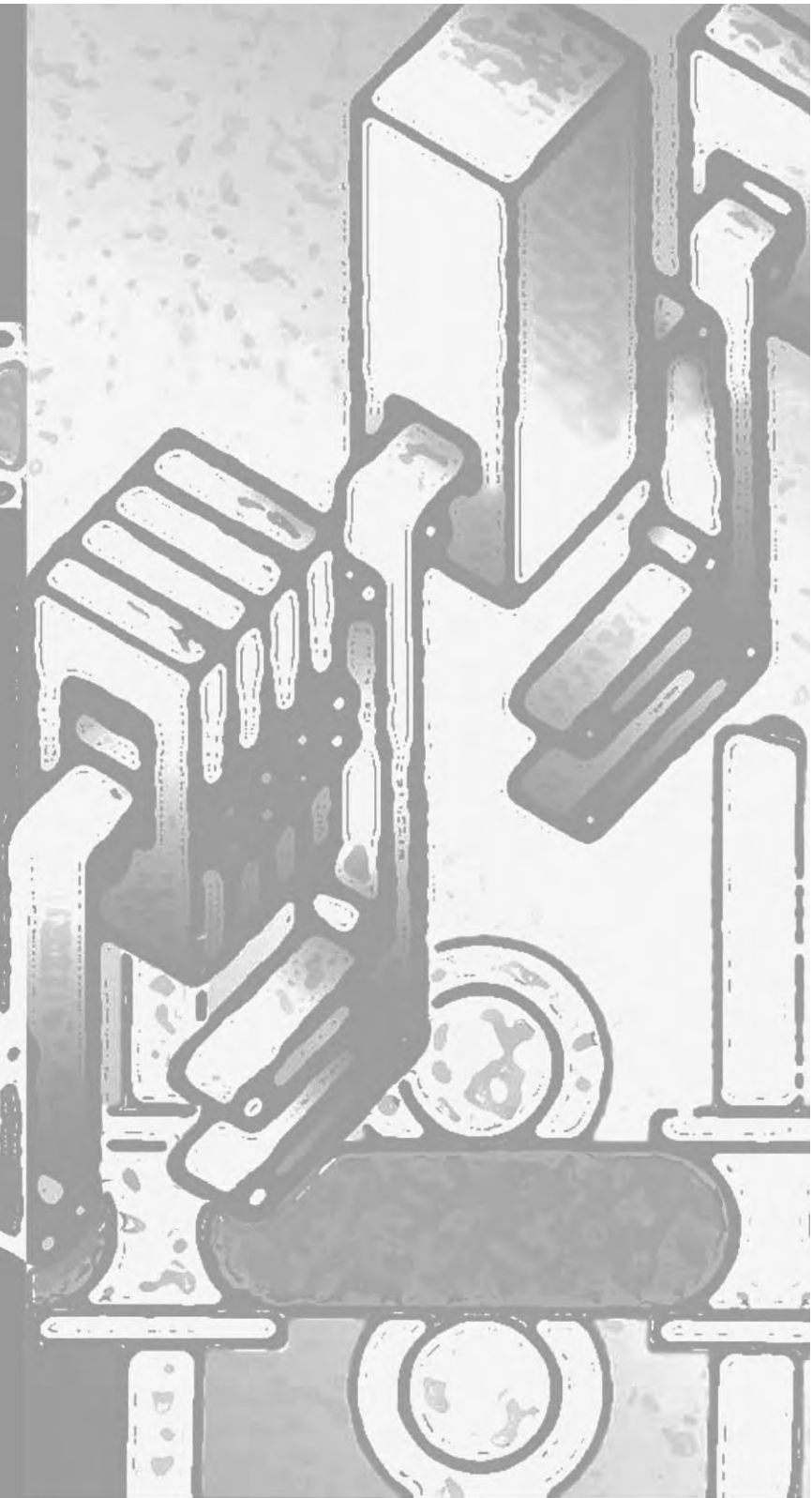


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL 

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México



Procesos Industriales
**Laminación
Rolado y
Trefilado
de metales**
Ing. Ulrich Scharer S.



Colección cidi
Tecnología



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL 

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México

1

Índice

Laminación	3
Laminación en caliente	5
Especificación de láminas metálicas	5
Espesores de láminas (No. de calibres)	7
Laminación en caliente Perfiles, soleras y barras	8
Laminación en frío	10
Laminación de tubos sin costura (Procesos tradicionales)	13
Laminación de tubos sin costura (Alta demanda)	14
Trefilado	15
Trefiladoras para alambre	16
Trefiladora en húmedo	17
Equipo auxiliar	18
Rolado	19
Perfiles rolados en frío	
Rolado - Trefilado	20
Perfiles fabricados en combinación con estos procesos	
Glosario y Bibliografía	23

LAMINACIÓN

En el capítulo 2 fig. 2.5.7 del libro Ingeniería de Manufactura¹ se visualizan los procesos para la obtención de acero. La línea directa hacia los prelamados se demuestra esquemáticamente aquí:

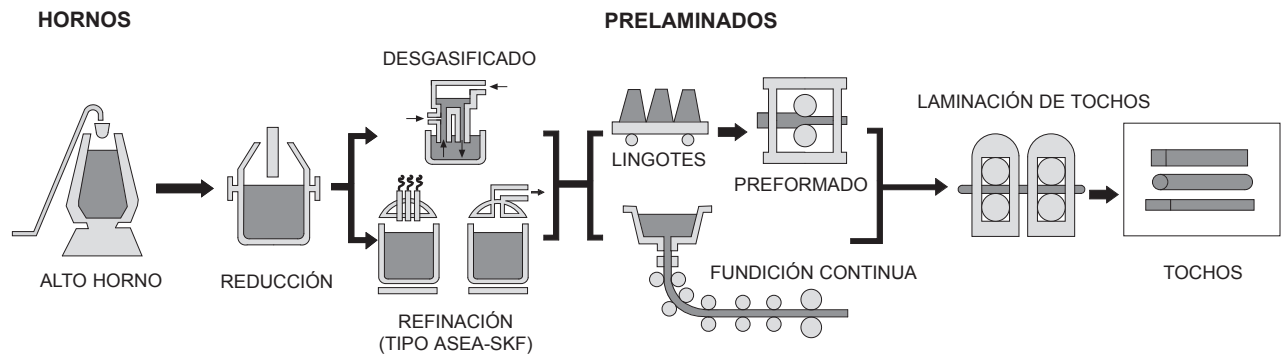
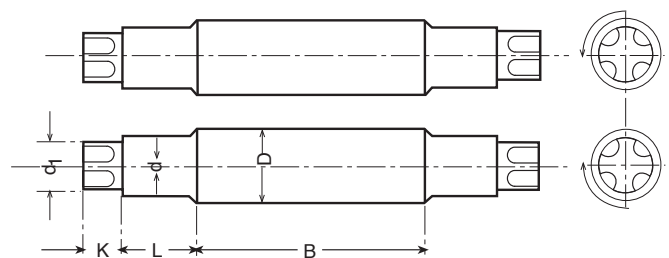


fig. 1 Procesos Primarios

De los tochos obtenemos:
 Planchas o placas.
 Láminas rodadas en caliente (Hot Rolled).
 Láminas rodadas en frío (Cold Rolled).
 Perfiles.

La herramienta en contacto con el metal, caliente o frío se llama rodillo o cilindro de laminación; para la fabricación de láminas los rodillos son lisos y para perfiles son ranurados o multiformas.



1. Ing. Ulrich Scharer S., **Ingeniería de Manufactura**. Ed. Continental, Mexico, 1984. Página 45

fig.2

El grano de un tocho fundido se orienta (sentido de grano= S.G.) por el efecto de amasado que ejercen los rodillos al formar el metal, la velocidad de entrada V_0 , es menor que la velocidad de salida V_2 .

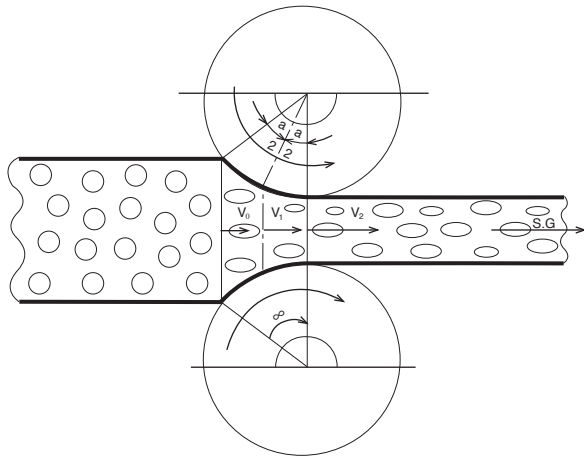


fig.3

La laminación tiene por objeto: adelgazar y estirar el metal en caliente o en frío, pasándolo entre rodillos (herramientas) que giran en sentidos opuestos. Cada paso resulta en una reducción del espesor.

Los rodillos o cilindros de laminación (herramientas) van montados en bastidores llamados castillos; a un conjunto de castillos lo nombramos: tren de laminación.

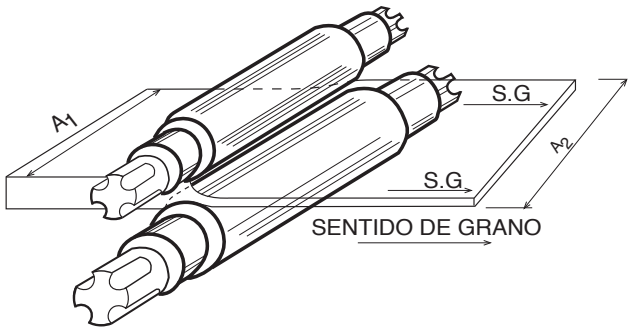


fig. 4

Los castillos pueden tener:
 - Dos rodillos (Duos)
 - Tres rodillos (Tríos)
 - Cuatro rodillos (Tetra o doble Duos), etcétera.
 Ejemplos en la fig. 5.

- 1.- Duo:**
Para trenes pesados de prelamina reversible.
- 2.- Trío:**
Para trenes de laminación de perfiles (aplicación antigua y de poco rendimiento).
- 3.- Trío: (Lauthsche)**
Para láminas delgadas roladas en caliente.
- 4.- Doble duo:**
Para perfiles sencillos en materiales de alta resistencia.
- 5.- Cuarto:**
Castillo tradicional para trenes de laminación para láminas.
- 6.- Sexto:**
Para láminas de alta resistencia.
- 7.- Universal:**
Rodillos abombados para lograr espesores precisos.
- 8.- Múltiple:**
Para lograr tolerancias cerradas en espesores de láminas de alta resistencia.

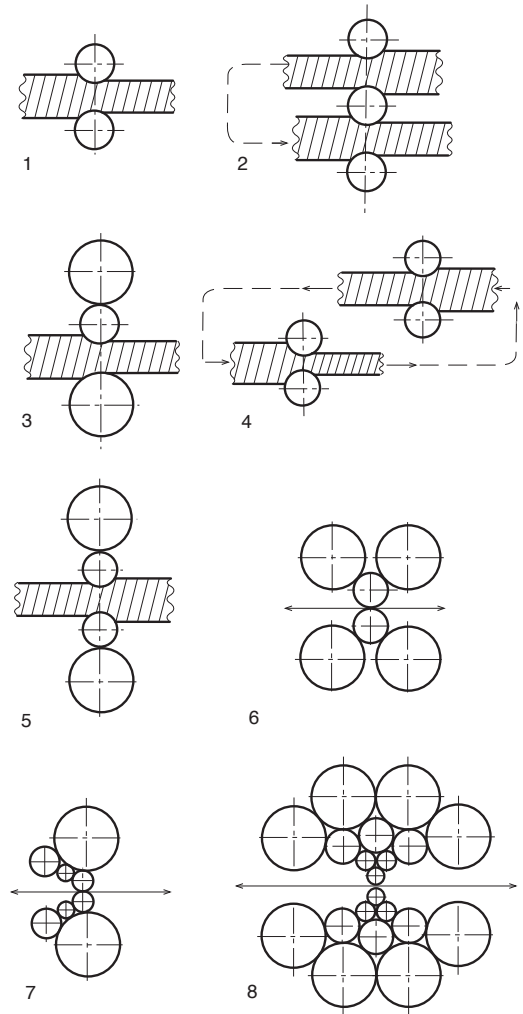


fig. 5

LAMINACIÓN EN CALIENTE

Trenes primarios de laminación

En estas líneas primarias, se transforman a partir de los tochos resultantes de la fundición continua, láminas, preformas de perfiles y perfiles sencillos.

Los hornos que anteceden a estos trenes de laminación reciben los tochos de la fundición continua, los cuales en su interior todavía mantienen un núcleo líquido.

Para restablecer un calor uniforme núcleo-superficie, el tocho pasa por un horno de recalentamiento continuo.

Los rodillos de desbaste son de perímetro dentado y provocan un efecto de amasado. Al pasar por varias reducciones en cada castillo, este efecto de amasado llega hasta el núcleo del tocho.

Las capas quebradizas de la descarbonización en la superficie no resisten esta deformación, se rompen y se eliminan mediante chorros de agua a presión.

El producto desbastado y limpio todavía caliente entra ahora a los trenes de afinado en caliente por laminadoras de tipo reversible o tandem, en donde cada castillo subsecuente logra una reducción hasta llegar al espesor final.

Para dar una idea sobre laminadoras actuales que fabrican láminas roladas en caliente citamos los datos de algunos molinos.

Ø De los rodillos de trabajo	900 - 1200 mm
Ø De los rodillos de apoyo	1500 - 2400 mm
Largo de los tochos	3500 - 5500 mm
Área de la estructura del castillo	7000 - 11000 cm ²
Peso del castillo	180 - 380 t
Módulo del castillo (constante de flexión en el centro del tocho)	5 - 10 MN/mm
Fuerza de laminación	30 - 100 MN
Momento de accionamiento	4 - 8 MN/m
Velocidad de laminación	4 - 8 m/s
Potencia de accionamiento	6000 - 24000 kw
Largo de producto laminado	30 - 65 m
Tolerancia de espesor	0.1 mm
Tolerancia de ancho	10 mm
Producción anual	de 3 - 10 ⁶ t/año

LA ESPECIFICACIÓN DE LÁMINAS METÁLICAS

Como herencia de Inglaterra, donde surgieron las primeras plantas siderúrgicas (Steel Mills) llegó vía U.S.A. a México la norma de expresar los espesores en No. de calibres y los anchos y largos de las hojas de lamina en pies (ft).

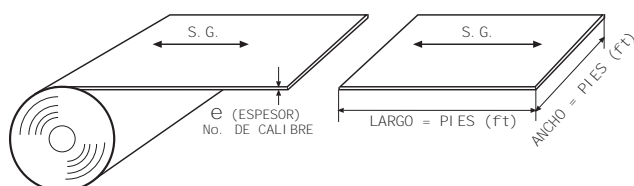


fig. 6

En México solamente se fabrican láminas metálicas en calibres pares y anchos en 3' y 4' pies (915 y 1220 mm) respectivamente. Los largos de estas láminas se ofrecen de 6'-12' pies (1 ft=305 mm).

Las láminas roladas en caliente (lámina negra) no garantizan un espesor uniforme, su textura es mate y ligeramente rasposa, excelente base para la adherencia de pintura.

SAE No.	AISI No.	Carbón C	Manganeso Mn	Fósforo P (Máx.)	Azufre S (Máx.)
Aceros carbonosos					
1006	C1006	0.08 MAX.	0.25-0.40	0.04	0.05
1008	C1008	0.10 MAX.	0.25-0.50	0.04	0.05
1010	C1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.04	0.05
1015	C1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.04	0.05
1016	C1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.04	0.05
1017	C1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.04	0.05
1018	C1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.04	0.05
1019	C1019	0.15-0.20	0.70-1.00	0.04	0.05
1020	C1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.04	0.05
1021	C1021	0.18-0.23	0.60-0.90	0.04	0.05
1022	C1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.04	0.05
1024	C1024	0.19-0.25	1.35-1.65	0.04	0.05
1025	C1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.04	0.05
1026	C1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.04	0.05
1027	C1027	0.22-0.29	1.20-1.50	0.04	0.05
1030	C1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.04	0.05
1033	C1033	0.30-0.36	0.70-1.00	0.04	0.05
1034	C1034	0.32-0.38	0.50-0.80	0.04	0.05
1035	C1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.04	0.05
1036	C1036	0.30-0.37	1.20-1.50	0.04	0.05
1038	C1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.04	0.05
1039	C1039	0.37-0.44	0.70-1.00	0.04	0.05
1040	C1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.04	0.05
1041	C1041	0.36-0.44	1.35-1.65	0.04	0.05
1042	C1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.04	0.05
1043	C1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.04	0.05
1045	C1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.04	0.05
1046	C1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.04	0.05
1049	C1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.04	0.05
1050	C1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.04	0.05
1052	C1052	0.47-0.55	1.20-1.50	0.04	0.05
1055	C1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.04	0.05
1060	C1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.04	0.05
1062	C1062	0.54-0.65	0.85-1.15	0.04	0.05
1064	C1064	0.60-0.70	0.50-0.80	0.04	0.05
1065	C1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.04	0.05
1066	C1066	0.60-0.71	0.85-1.15	0.04	0.05
1070	C1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.04	0.05
1074	C1074	0.70-0.80	1.50-0.80	0.04	0.05
1078	C1078	0.72-0.85	0.30-0.60	0.04	0.05
1080	C1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.04	0.05
1085	C1085	0.80-0.93	0.70-1.00	0.04	0.05
1086	C1086	0.82-0.95	0.30-0.50	0.04	0.05
1090	C1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.04	0.05
1095	C1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.04	0.05

tabla 1 American Iron and Steel Institute

Las láminas roladas en frío (Cold Rolled) ofrecen espesores calibrados y textura brillante, ideal para acabados galvano-plásticos.

La dureza en general se menciona como duro, semi-duro y blando, para especificar un rango de dureza exacto, se debe indicar con la norma que ofrecen Rockwell y Brinell .

El material para láminas de acero al carbón, acero inoxidable y de metales no ferrosos se especifica según la norma oficial mexicana 'NOM' basada en la Norma 'AISI'.

ESPEORES DE LÁMINAS

(No. de calibre).

Los calibres de las láminas una vez expresados en milésimas de pulgada o en mm varían de forma equivalente a su No. según la norma inglesa o americana.

A continuación la norma inglesa "Birmingham" o "Stubs".

Nota:

En México se consiguen solamente calibres de números pares, los números no pares (nones) requieren pedido mínimo bajo contrato o importación (Con la globalización éstas condiciones cambiarán).

Calibrador No.	Pulgadas	Milímetros
1	0.300	7.62
2	0.284	7.216
3	0.259	6.579
4	0.238	6.045
5	0.220	5.588
6	0.203	5.166
7	0.180	4.572
8	0.165	4.191
9	0.148	3.769
10	0.134	3.404
11	0.120	3.048
12	0.109	2.769
13	0.095	2.413
14	0.083	2.108
15	0.072	1.829
16	0.065	1.661
17	0.058	1.473
18	0.049	1.245
19	0.042	1.067
20	0.035	0.889
21	0.032	0.813
22	0.028	0.711
23	0.025	0.635
24	0.022	0.559
25	0.020	0.508
26	0.018	0.457
27	0.016	0.406
28	0.014	0.356
29	0.013	0.33
30	0.012	0.305
31	0.010	0.254
32	0.009	0.229
33	0.008	0.203
34	0.007	0.178

tabla 2 Norma STUBS

La norma "U.S. standard gage" se basaba en el peso específico o sea que una placa de acero de un pie cuadrado y una pulgada de grueso debe pesar 640 onzas. Esta relación fue imprecisa y se optó por esta nueva norma basándose en un peso de 41,820 libras por pie cuadrado por pulgada de espesor, este peso permite incluir recortes al confeccionar la lámina a dimensiones exactas, y toma en cuenta que el espesor de la lámina puede variar (más grueso en el centro que en las orillas).

O sea, los equivalentes del espesor al N° de calibre se basan en: 0,0014945 "por onza por pie cuadrado ó 0,023912" por libra por pie cuadrado (y en forma recíproca de la base anterior de 41,820 libras por pie cuadrado por pulgada de espesor). Es decir 3,443329 pulgadas por libra por pulgada cuadrada (uff que complicado!).

No. de calibre Std. fabricante	Onzas por pie cuadrado	Libras por pie cuadrado	Espesor en milésimas "
3	160	10	0.2391
4	150	9.375	0.2242
5	140	8.75	0.2092
6	130	8.125	0.1943
7	120	7.5	0.1793
8	110	6.875	0.1644
9	100	6.25	0.1495
10	90	5.625	0.1345
11	80	5	0.1196
12	70	4.375	0.1046
13	60	3.75	0.0897
14	50	3.125	0.0747
15	45	2.8125	0.0673
16	40	2.5	0.0598
17	36	2.25	0.0538
18	32	2	0.0478
19	28	1.75	0.0418
20	24	1.5	0.0359
21	22	1.375	0.0329
22	20	1.25	0.0299
23	18	1.125	0.0269
24	16	1	0.0239
25	14	0.875	0.0209
26	12	0.75	0.0179
27	11	0.6875	0.0164
28	10	0.625	0.0149
29	9	0.5625	0.0135
30	8	0.5	0.012
31	7	0.4375	0.0105
32	6.5	0.40625	0.0097
33	6	0.375	0.009
34	5.5	0.343	0.0082
35	5	0.3125	0.0075
36	4.5	0.28125	0.0067
37	4.25	0.26562	0.0064
38	4	0.25	0.006

tabla 3 Norma U.S. Standard

LAMINACIÓN EN CALIENTE

PERFILES, SOLERAS Y BARRAS



fig. 7 Perfiles, soleras y barras

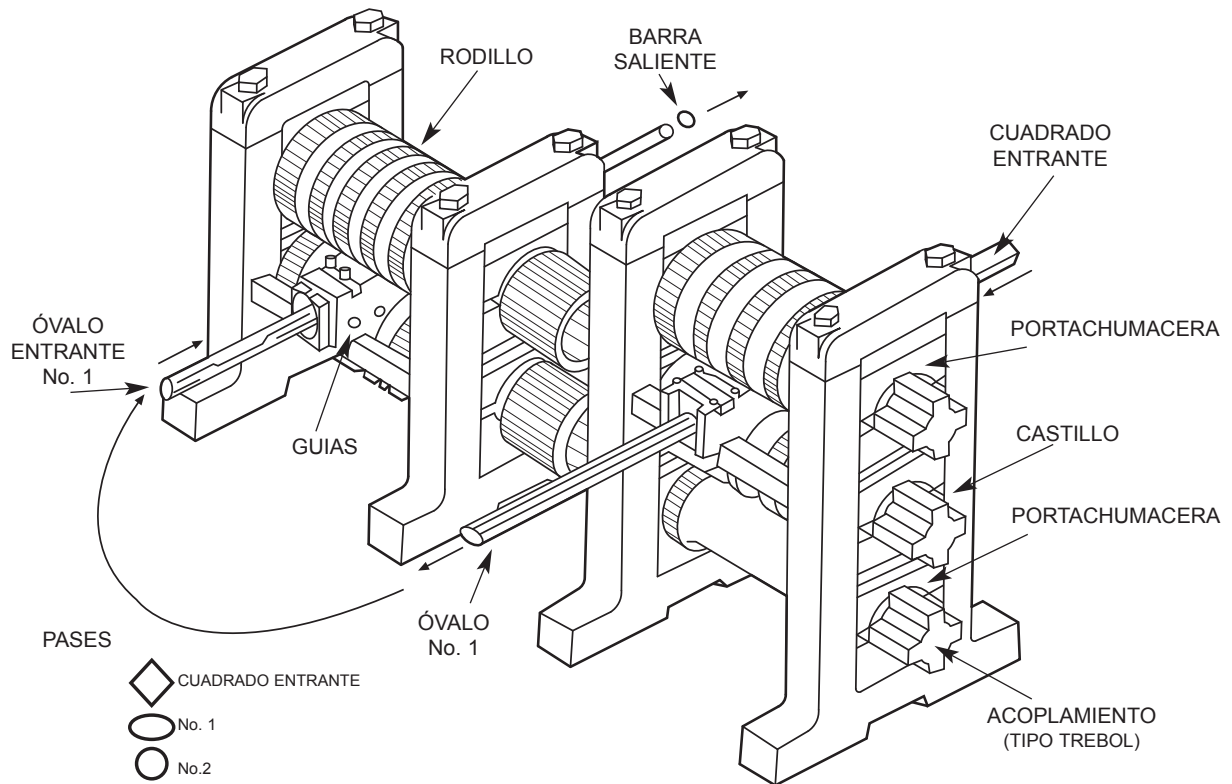


fig. 8 Laminadora de barras

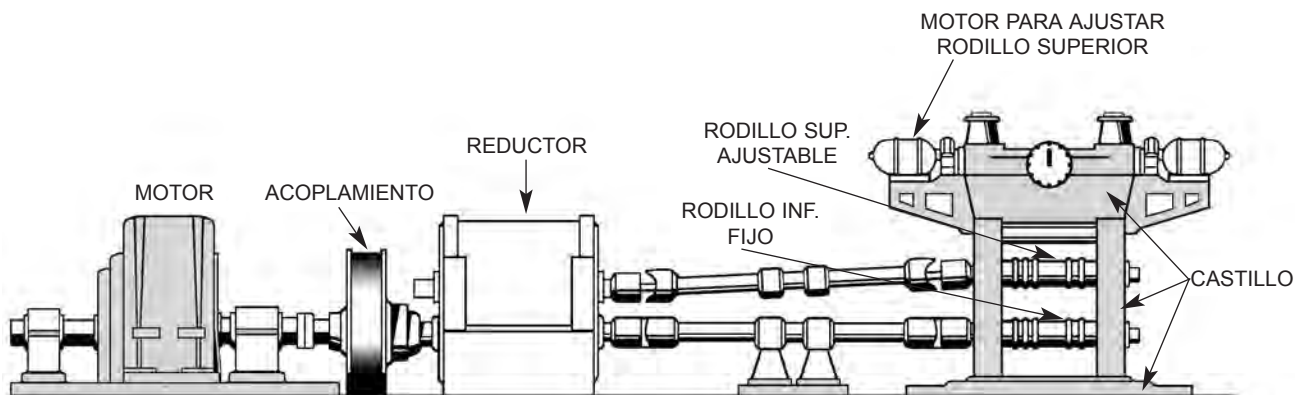


fig. 9 Laminadora DUO Pesado

Existen laminadoras "Twin-Drive" donde cada rodillo es accionado por su propio motor. Los castillos son intercambiables para atender una producción flexible, el cambio de un castillo en un tren de laminación no ocupa más de 5-15 minutos.

El herramental para la fabricación de soleras y barras (rodillos) es elaborado con los siguientes materiales:

MATERIAL	USO
1. Acero forjado	Prelaminados
2. Acero fundido (una vez desgastados pueden ser reparados mediante depósito de soldadura resistente)	Prelaminados
3. Acero fundido en coquilla enfriada	Láminas y perfiles

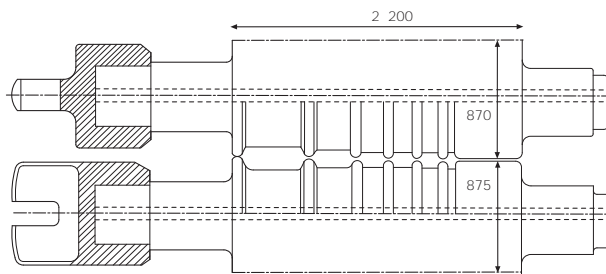


fig. 10 Rodillos calibradores

Rodillos calibradores para la fabricación de soleras. La diferencia en los diámetros del rodillo inferior y superior provocan una deformación en la punta tipo "ski", la cual evita que el perfil se pegue al rodillo al iniciar un siguiente paso.

Herramental para la fabricación de perfil angular.

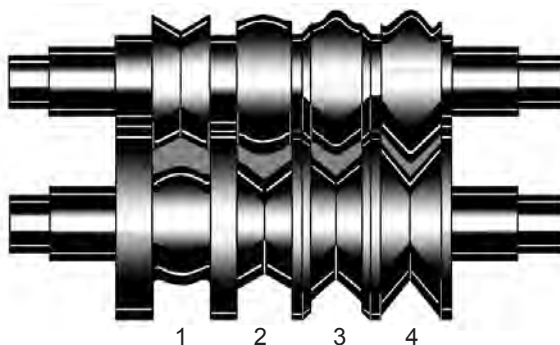


fig. 11 Perfil angular

Paso N° 1: Preformado del tocho (barra en caliente).
Paso N° 2: Repaso de la preforma N°1 alargada.
Paso N° 3: Repaso de la preforma N° 2 alargada.

Paso N° 4: Repaso de la preforma N° 3 alargada, obteniendo el perfil estructural angular terminado.

Paso final: El perfil pasa por la enderezadora para corregir defectos de alineación.

Herramental para la fabricación de un perfil "T"

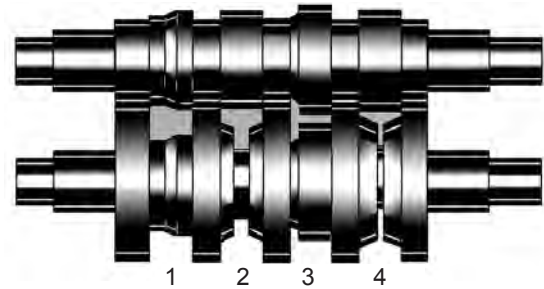


fig. 12 Perfil "T"

Paso N° 1: Preformado del tocho (barra en caliente)

Paso N° 2: Repaso de la preforma N° 1 alargada.

Paso N° 3: Repaso de la preforma N° 2 alargada.

Paso N° 4: Repaso de la preforma N° 3 alargada, obteniendo el perfil estructural "T" terminado.

Paso final: El perfil pasa por la enderezadora para corregir desalineamiento.

Herramental para la fabricación de un perfil "I" o doble "T"

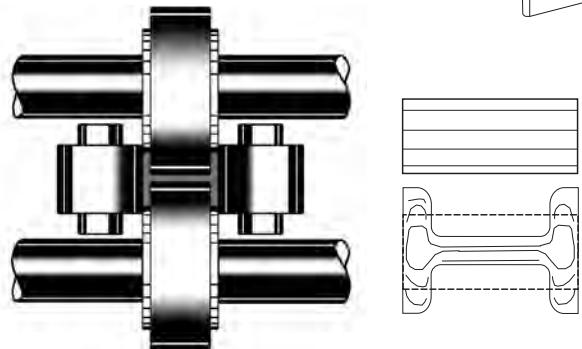


fig. 13 Perfil "I"

Paso N° 1: Preforma del tocho (solera en caliente).

Paso N°2: Repaso de la preforma N° 1 alargada, obteniendo el perfil estructural doble "T" terminado.

Paso final: El perfil pasa por la enderezadora para corregir desalineaciones.



LAMINACIÓN EN FRÍO

La laminación en frío, proveniente de la laminación en caliente, tiene por objeto obtener una superficie lisa y densa para lograr propiedades físicas controladas con o sin tratamiento térmico posterior.

El producto terminado es utilizado para hoja de lata, carrocerías para vehículos y para una gran variedad de artículos industriales y domésticos.

EL PROCESO

El rollo laminado en caliente con espesor de hasta un 10% superior al espesor final es decapado, secado, aceitado y enrollado nuevamente.

Existen varios molinos, que constan de uno a cinco castillos en línea, generalmente del tipo doble duo, o hasta los múltiples.

Al ir reduciendo el espesor consecutivamente en frío, se requieren mayores presiones y potencias, debido al endurecimiento de la lámina por el trabajo en frío; también se genera calor (entre 60° y 200°C) por lo que es necesario enfriar la lámina y rodillos mediante agua o aceite soluble. El último paso de laminación en frío determina el espesor final por lo que es usual tener un dispositivo de calibración automático que ajusta la presión y separación de los rodillos.

El producto laminado en frío es frágil, duro y poco ductil, requiriendo de tratamientos térmicos para obtener las propiedades físicas deseadas.

Es usual hacer este tratamiento térmico en hornos continuos utilizando una atmósfera controlada, para evitar la reoxidación de la superficie.

Para la hoja de lata se aplica después del tratamiento térmico una relaminación en frío, llamada temple en frío, en trenes de laminación de temple que restablece la tenacidad que requiere el producto para su aplicación posterior.

LAMINADO CONTINUO EN FRÍO (un proceso moderno)

En un tiempo la fabricación de acero era un proceso por “tandas” -un paso a la vez. La fundición continua fue un adelanto importante, en este proceso una colada de acero se funde en una línea continua. Esto elimina una cantidad de recalentamientos y trabajos de laminado que absorben gran cantidad de energía y tiempo. Lo que se llama el complemento de la fundición continua para la terminación de aceros, quedará demostrado en la laminación en frío.

La fabricación de la chapa de acero laminada en frío, que se usa en automóviles, artículos del hogar, muebles de oficina y productos similares, comienza con un proceso llamado laminado en caliente, durante el cual un desbaste plano de acero de 25 cm de espesor se calienta a 1,200°C y se reduce a una bobina de chapa fina de un espesor menor de 3 mm.

Esta chapa de acero laminado en caliente, no posee sin embargo las propiedades requeridas para muchos de los productos especiales y por lo tanto debe pasar por un segundo proceso llamado laminado en frío. Los principales pasos de este proceso son decapado, tren laminador, recocido, laminador de revenido, inspección de rebobinado. Estas diferentes etapas se realizan por separado y a menudo en distintos edificios. Se requieren normalmente doce días para el proceso y las bobinas tienen que moverse por lo menos 14 veces y rebobinarse por lo menos cinco veces. Esto disminuye el rendimiento de la producción. Las bobinas están propensas a sufrir daños cada vez que hay que moverlas y rebobinarlas.

Las nuevas tecnologías desarrolladas en recocido continuo, monitoreo automatizado de calidad, mejoras en los equipos de trabajo, prácticas de mantenimiento y técnicas de control computarizadas, hacen posible ahora la vinculación de las etapas del proceso en una sola secuencia continua.

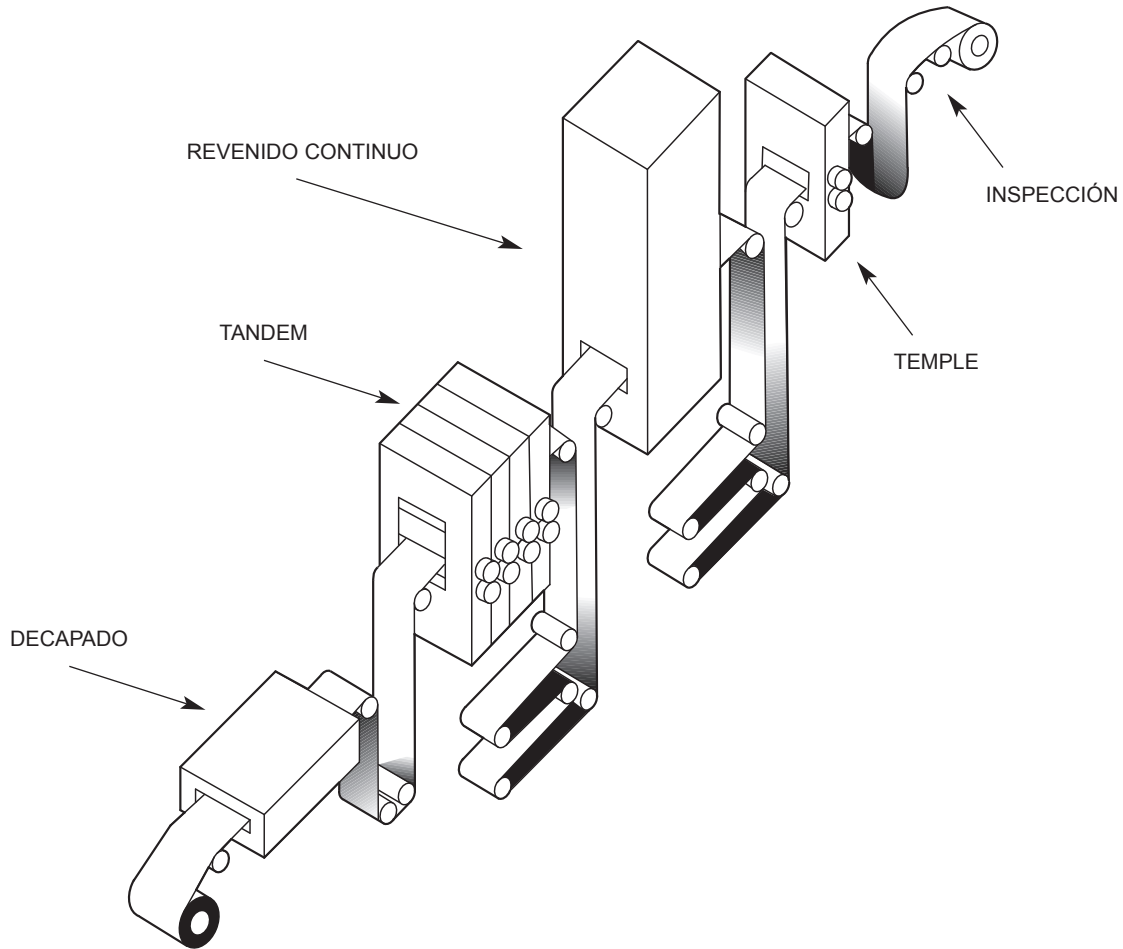


fig. 14 La longitud de la línea es de 610 m y el acero en proceso mide 4,8 m. El proceso de laminado en frío hace en un día lo que una línea convencional hace en 12 días.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

La vinculación de las etapas de laminado en frío en una sola secuencia continua ofrece varios beneficios: mejora la calidad del producto, aumenta la producción y reduce la mano de obra.

Las características principales del laminado continuo en frío incluyen:

- * Soldadura eléctrica a tope por presión totalmente automática, que une firmemente bobina tras bobina formando una cinta continua, en un ciclo de 75 segundos.
- * Una línea de decapado que incorpora un novedoso eliminador de cascarilla.
- * Un tren laminador continuo vertical de 6 rodillos por etapa y cuatro diferentes rodillos en cada una, equipado con un cambiador rápido de rodillos que posibilita cambiarlos en 120 segundos, asegurando por lo tanto un trabajo continuo.
- * Un horno de recocido de gran capacidad con una atmósfera limpia.

- * Un tren laminador de revenido vertical de 6 rodillos.
- * Una red coordinada de computadoras que integran la secuencia total de una operación totalmente automatizada y monitorea cientos de puntos a lo largo de todo el proceso.

Además, el sistema de trabajo continuo elimina la necesidad de variaciones de velocidad que ocurren cuando se trabaja con una sola bobina, especialmente cuando se está terminando, lo que a su vez reduce los problemas de producción y los defectos del producto que resultan en un trabajo cíclico.

¿CÓMO TRABAJA?

Primero, se sueldan las chapas laminadas en caliente con la soldadura eléctrica a tope, formando una sola cinta continua. Se pasa luego esta cinta por la sección de descascarillado que tiene un nivelador

de tensión y cuatro tanques de decapado que contienen ácido hidrociorhídrico. Esto sacará las escamas de óxido formadas durante el proceso de laminado en caliente.

La cinta pasa luego por el laminador de 4 rodillos que reduce su espesor laminándola bajo una tremenda presión. Normalmente una cinta de menos de cuatro milímetros de espesor y 800 m de largo, reduce su espesor al de dos naipes de póker y su longitud llega a los 3,200 m. La cinta no se calienta antes de este laminado, de ahí su denominación de laminación en frío.

Luego pasa a la línea de recocido continuo. Durante el laminado en frío el acero se ha endurecido, por lo tanto debe recalentarse en el horno recocido para hacerlo más maleable. La línea debe ser también capaz de modificar la resistencia y mejorar significativamente las características metalúrgicas de la chapa de acero.

Antes de entrar en el horno de recocido, la cinta debe primero limpiarse para sacarle los restos de aceite del laminado, esto se hace en una sección de limpieza electrolítica, un tanque de lavado en caliente y un secador. Pasa luego por varias cámaras de un horno vertical de 25 m de altura. Aquí se calienta primero con tubos radiantes que queman gas, rociadores de agua y tanques de enfriamiento a 70°C. El proceso total dura 10 minutos, mientras que en el proceso usual por tandas dura de seis a siete días.

La fina capa de óxido que se forma en la superficie de la chapa durante el enfriado con agua se eliminan en un segundo decapado, la chapa pasa por el laminador de recocido donde recibe el tratamiento final de la superficie.

En la parte final del proceso, la cinta pasa por la sección de inspección donde se verifica automáticamente el espesor, técnicos perfectamente entrenados controlan visualmente la superficie. En este punto la cinta se recubre con una capa de antióxido usando una aceitera tipo electrostática. Luego una cizalla divide la bobina y saca una muestra para ensayo. Después rebobina la cinta en carretes que se envían a la línea de embalaje y se almacenan para el futuro despacho.

Las nuevas instalaciones del laminado en frío tendrán una producción triple, respecto a las unidades existentes. Este nuevo proceso bajará los costos de producción y aumentará la respuesta a los pedidos de despacho justo a tiempo, de los usuarios.

LAMINACIÓN DE TUBOS SIN COSTURA (procesos tradicionales)

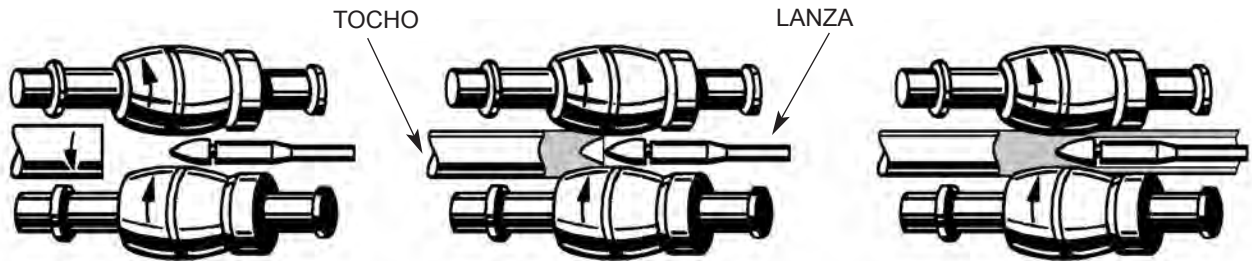


fig. 15 Laminado continuo en frío

(Este proceso compite con la extrusión de tubos circulares sin costura).

Los tochos destinados para convertirse en tubos sin costura son revisados cuidadosamente contra fallas visibles superficiales.

Una vez desbastados y seleccionados se alimentan a un horno giratorio para recalentarlos uniformemente.

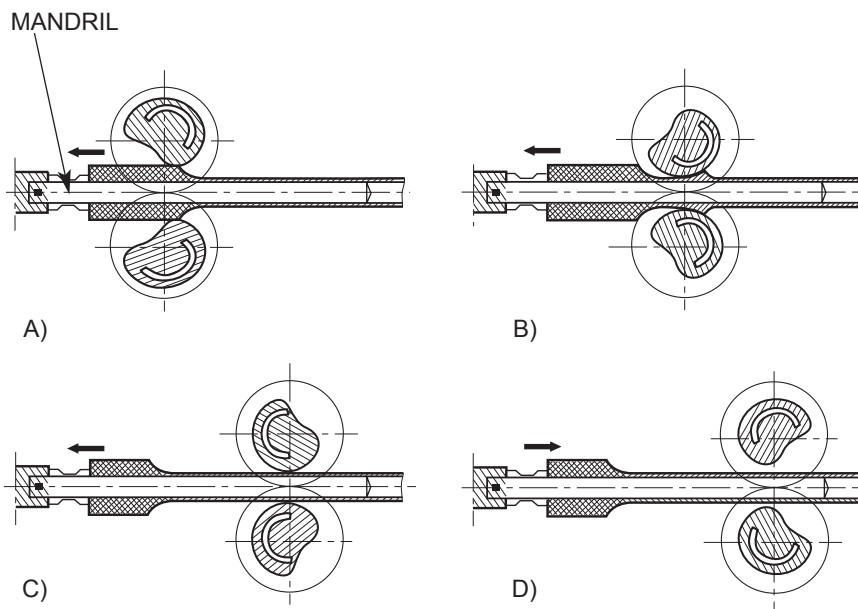
El tocho caliente se guía hacia un par de rodillos no paralelos, con diámetros exteriores variados, ambos giran en el mismo sentido.

El tocho es atrapado por los rodillos y adquiere un avance helicoidal girando en sentido contrario de los rodillos.

Este avance empuja al tocho caliente hacia la lanza estática, la cual provoca una abertura continua, desplazando el material del tocho hacia afuera, logrando así un perfil tubular de pared gruesa y diámetro interior calibrado y alisado.

Los tubos obtenidos por este proceso, también llamado Mannesmann son relaminados para ahora reducir el espesor de la pared, manteniendo el diámetro interior calibrado, del proceso anterior.

El molino peregrino se encarga de reducir por laminación la pared del tubo, provocando un alargamiento del mismo. (El peregrinar de los rodillos laminadores hacia adelante y de regreso justificó el nombre de molino peregrino).



- A) Posicionar y pellizcar el tocho tubular.
- B) Alargar el material pellizcado.
- C) Calibrar el tubo alargado.
- D) Acercar el siguiente tramo del tocho a laminar.

Y se repite esta secuencia hasta consumir el tocho tubular completo.

fig. 16 Molino peregrino

LAMINACIÓN DE TUBOS SIN COSTURA (alta demanda)

La alta demanda del producto, obligó a industrias especializadas a desarrollar procesos más eficientes, esto resultó en trenes o avenidas continuas de molinos.

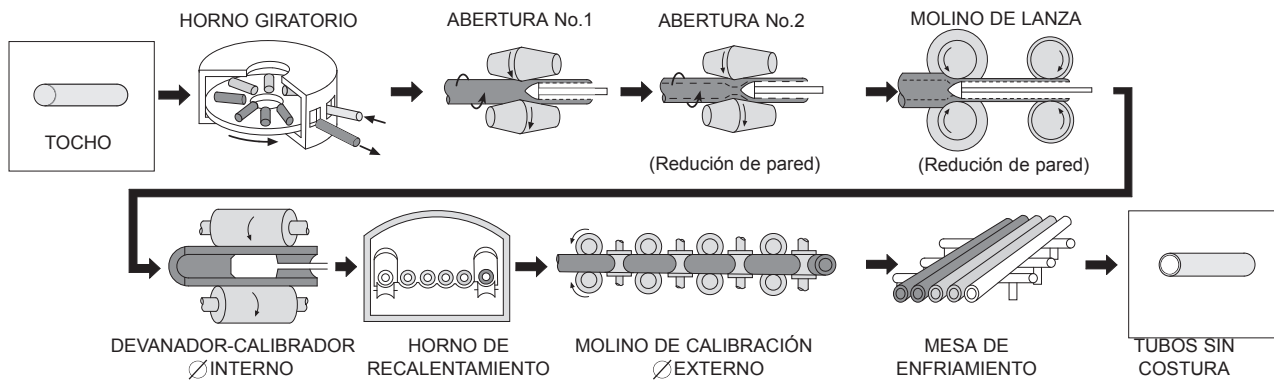


fig. 17 Avenida de Molino de lanza

Una reducción de pasos se obtiene en la avenida de molinos combinados: lanza/mandril

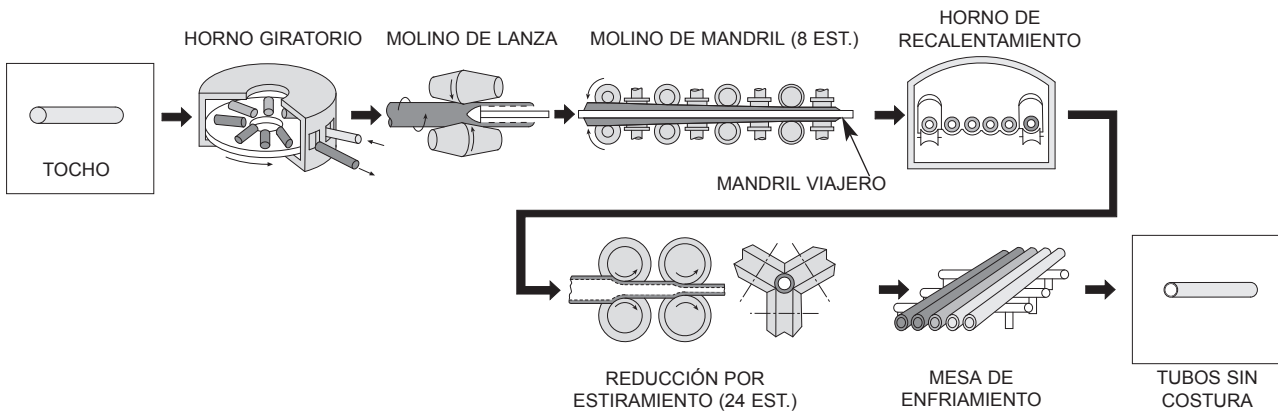
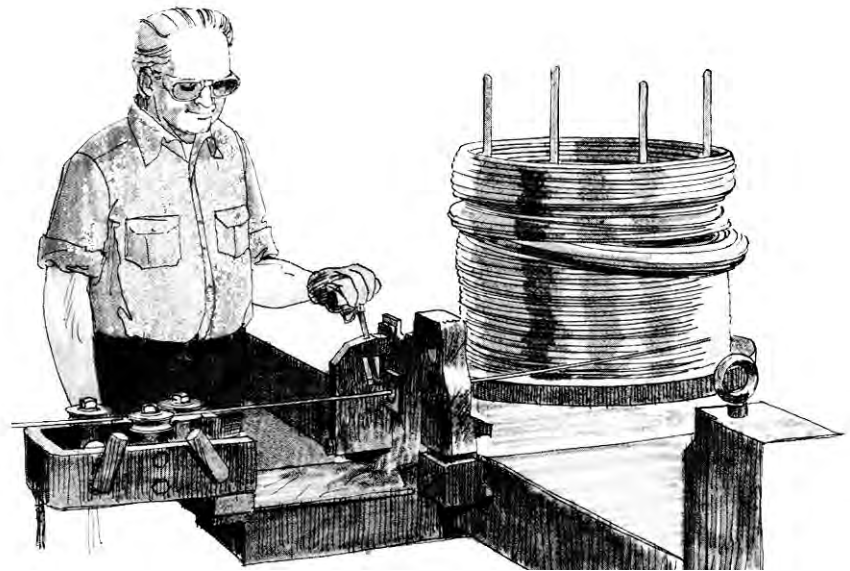


fig. 18 Avenida de molino de mandril

Trefilado



El estiramiento de una barra o alambre por un dado reductor de área se llama Trefilado.

Según el perfil del dado reductor, el producto final es una barra o alambre de diámetro preciso o una barra o alambre perfilado.

El área del sustrato se reduce bajo la acción de fuerzas radiales estrangulando el material en sus límites de fluencia.

Esta acción produce como consecuencia un aumento de dureza y resistencia mientras la tenacidad y límite de alargamiento se reduce.

La materia prima entrante ha sido producida por fundición continua o laminación en caliente en diámetros comerciales en un rango de 30 mm. máximo y 4, 5 mm. mínimo.

La superficie de estos materiales producidos en caliente esta descarbonizada y oxidada.

Una vez decapada y lubricada entra al proceso de reducción de área por estiramiento o sea el llamado Trefilado.

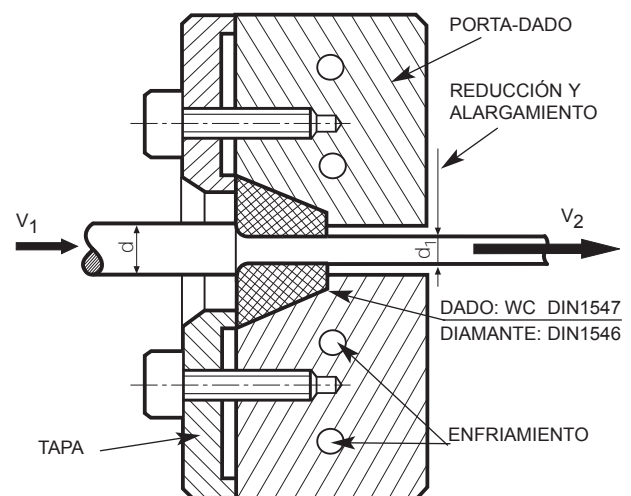


fig. 19

Los términos utilizados para denominar estos materiales son:

- Barras desde 16 mm. hasta 30 mm.
- Alambres de 10 mm. hasta 15.8 mm.
- Alambres hasta 9.5 mm.

Las categorías para los alambres trefilados se definen como :

- Basto de 30 mm a 4.2 mm.
- Afinado de 4.2 mm a 1.6 mm.
- Fino de 1.6 mm a 0.7 mm.
- Superfino de \varnothing inferiores a 0.7 mm.

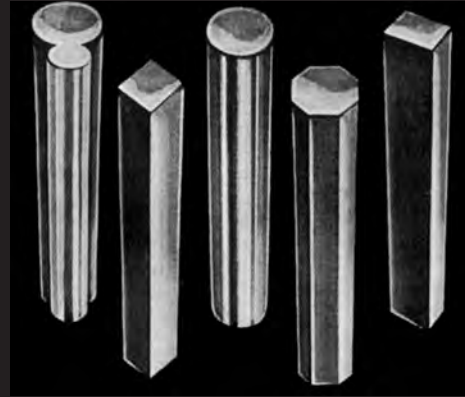
MÁQUINAS

Pueden clasificarse en:

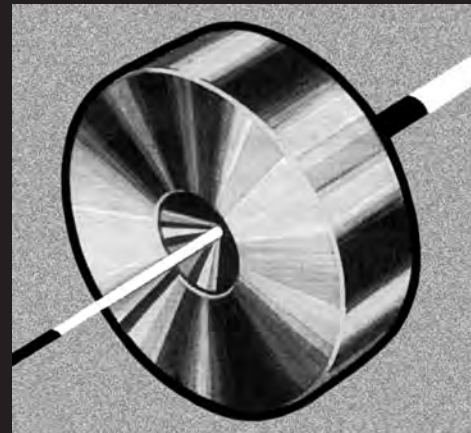
a) Trefiladoras en seco (sin deslizamiento) simples, dobles y múltiples.

b) Trefiladoras en húmedo (con deslizamiento) múltiples, tandem y de conos.

TREFILADORAS PARA ALAMBRE



Perfiles Trefilados

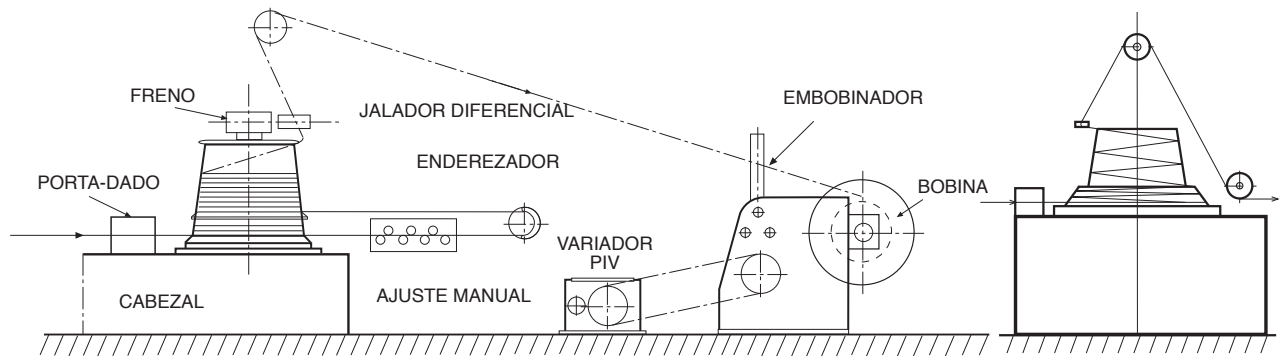


Dados de Trefilado



Dados:
Con insertos de carburo de tungsteno o con insertos de diamante.

fig. 21

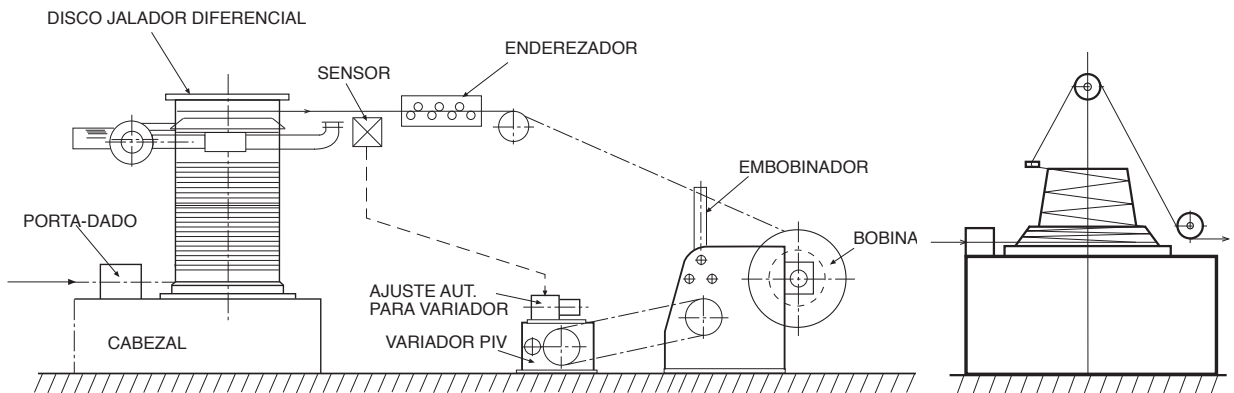


Trefiladora en seco de cabezal simple con jalador diferencial.

Con bobina horizontal el alambre no guarda torsión.

Con doble y múltiple bobina vertical el alambre guarda una torsión.

fig. 22



Trefiladora con doble disco / bobina jalador (en seco).

El disco jalador diferencial compensa la velocidad tangencial por alargamiento del alambre, el ajuste se regula automáticamente con sensores conectados hacia el control del variador.

Con cabezales tandem y múltiples el alambre guarda una torsión.

fig. 23

TREFILADORA EN HÚMEDO

Cada conjunto de rodillos jaladores, se encuentra en compartimientos aislados. Los discos se lubrican por aspersión, los dados son enfriados a presión desde el porta-dado con el mismo líquido soluble.

Un sistema sensorial, se encarga de regular las velocidades tangenciales del producto alargado, después de cada paso de reducción y alargamiento.

El alambre de cobre se logra en trefiladoras múltiples de hasta 31 reducciones por alambre y con una alimentación de 12 alambres simultáneamente.

Se logra una reducción desde los 1.8 mm iniciales a los 0.05 mm del producto terminado con una velocidad de más de 40 m/s.

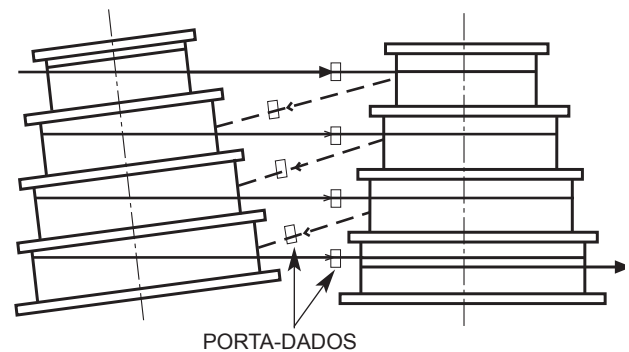


fig. 24

EQUIPO AUXILIAR

Todo el material que se achica en su área y se alarga por el efecto de trefilado, tiene que ser reducido en la punta para poder entrar en cada dado de los pasos subsiguientes.

Para lograr esto, existen aparatos 'saca-puntas' para barras y laminadoras 'saca-puntas' para alambres.

Estas máquinas pueden ser estacionarias o portátiles.

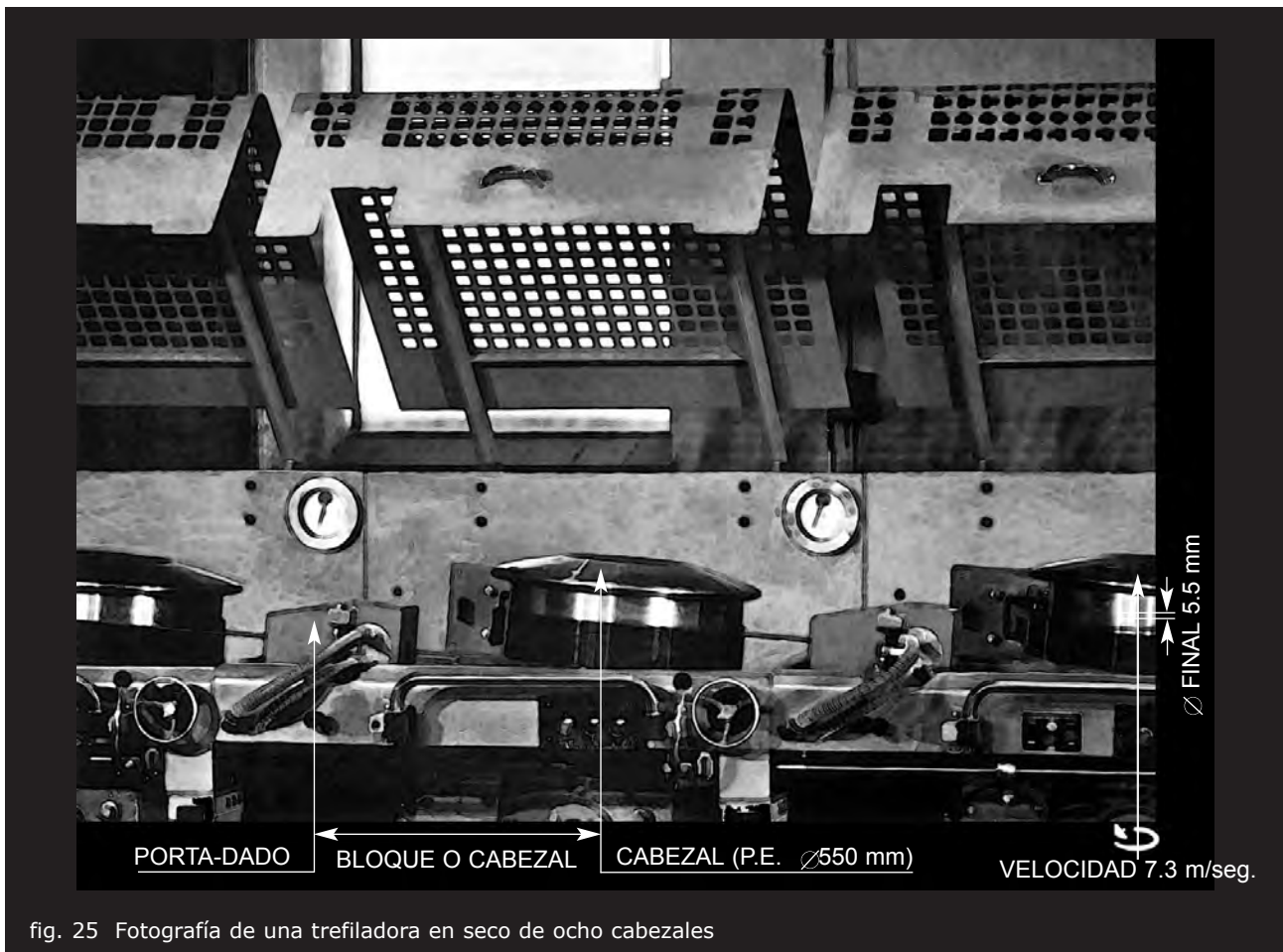


fig. 25 Fotografía de una trefiladora en seco de ocho cabezales

Rolado

PERFILES ROLADOS EN FRÍO



fig. 26 Ejemplos

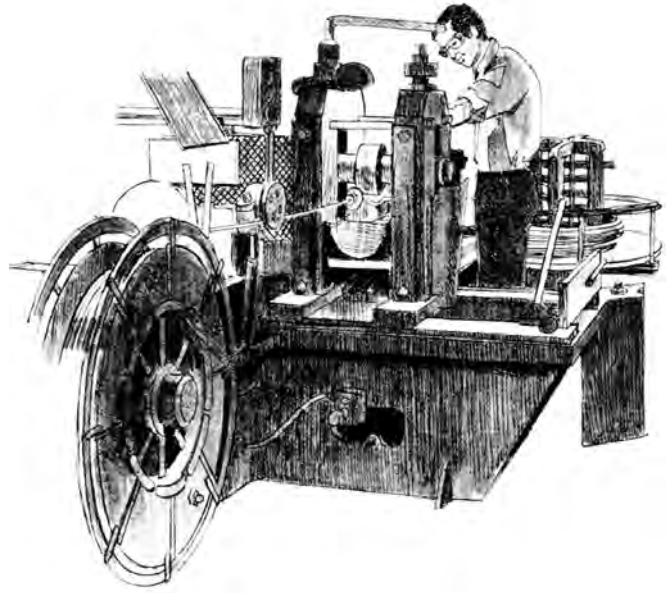


fig. 27 Máquina roladora y ejemplos

Una vez trefilado el alambre a secciones redondas, este puede ser rolado a los perfiles arriba mostrados, previo tratado térmico, como el recocido.

Conociendo el área en mm^2 del perfil final deseado, se calcula el diámetro del alambre correspondiente. Cabezales disponibles ejecutan la tarea de la transformación con rodillos planos o con forma.

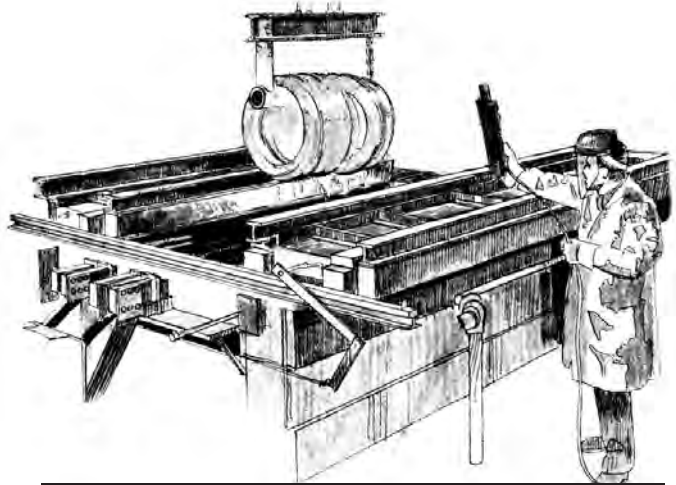
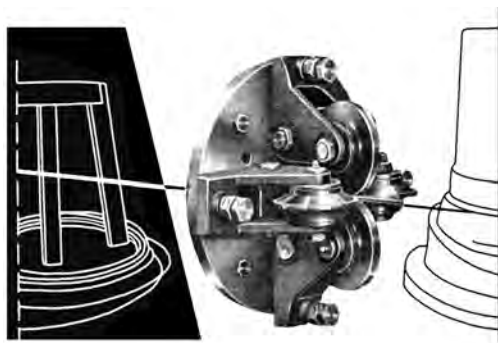


fig. 28 Recocido y revenido de rollos



CABEZAL PARA EL ROLADO DE PERFILES DE ALAMBRE

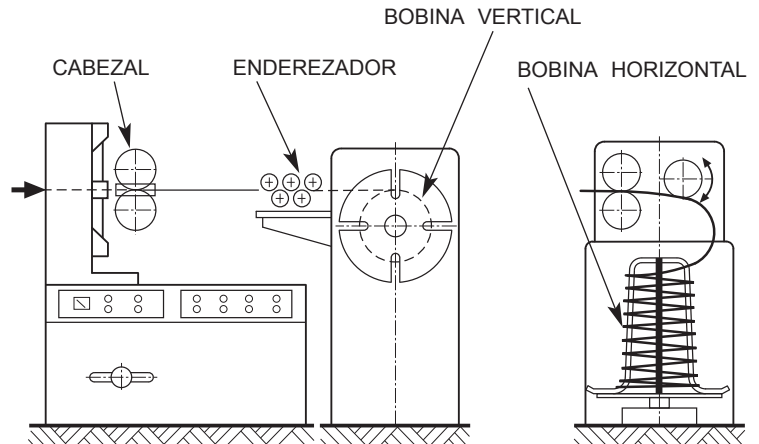


fig. 29 Máquina roladora

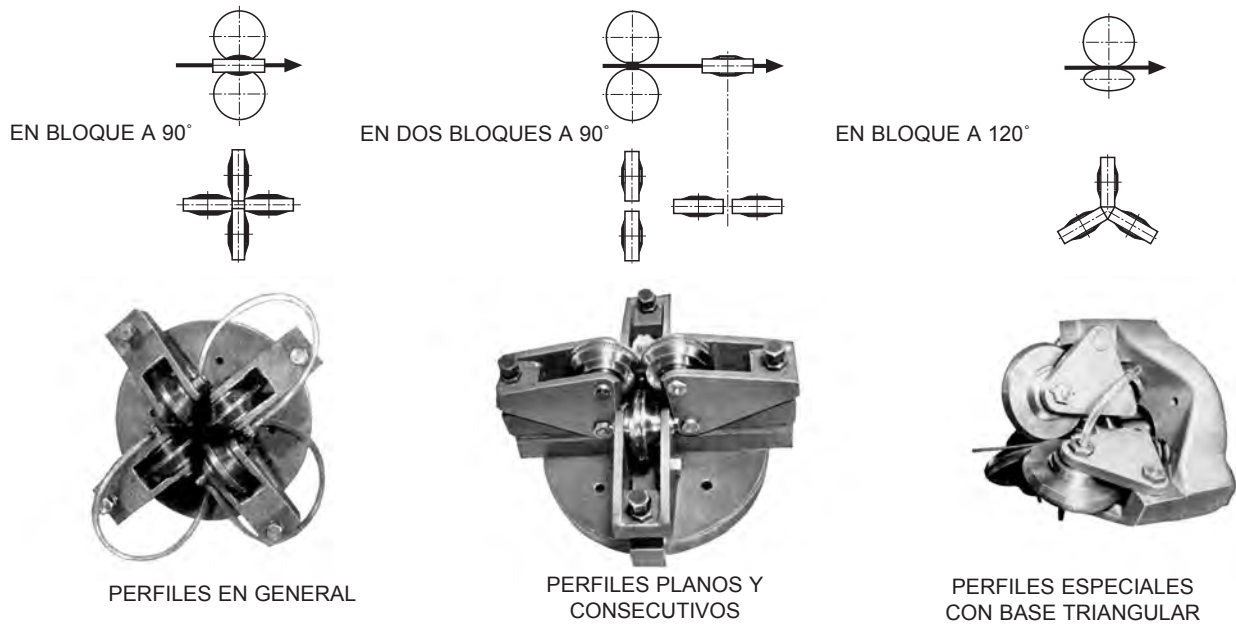


fig. 30 Cabezales

ROLADO Y TREFILADO

Perfiles fabricados en combinación con estos procesos

Como muchas aleaciones de acero no son extruibles en frío, mediante esta combinación de manufactura se fabrican perfiles en barra por medio de:

ROLADO. Para lograr una aproximación a la forma del perfil final, con los recocidos necesarios entre paso y paso.

TREFILADO. En operaciones subsecuentes, se logra, con los recocidos necesarios, el perfil final.

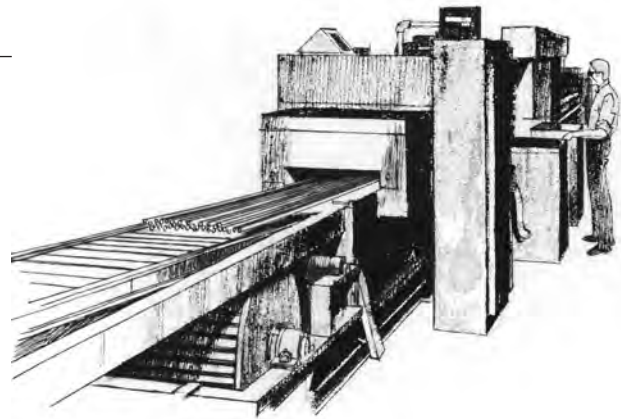


fig. 32 Recocido y revenido de barras

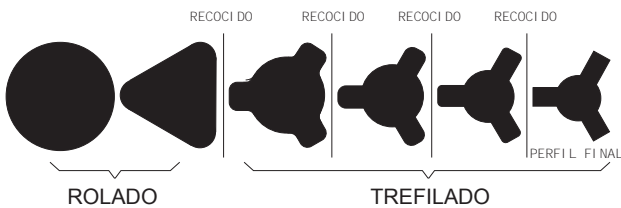


fig. 31 Ejemplos de perfiles combinados

Algunos perfiles requieren hasta 20 pasos, entre rolados recocidos, enderezados y trefilados.

Unas trefiladoras son de bancada larga, con un solo cabezal jalador. Las pinzas agarran las puntas reducidas una vez enfilados al dado y jala la barra completa, incluyendo su alargamiento por el efecto de reducción de área.

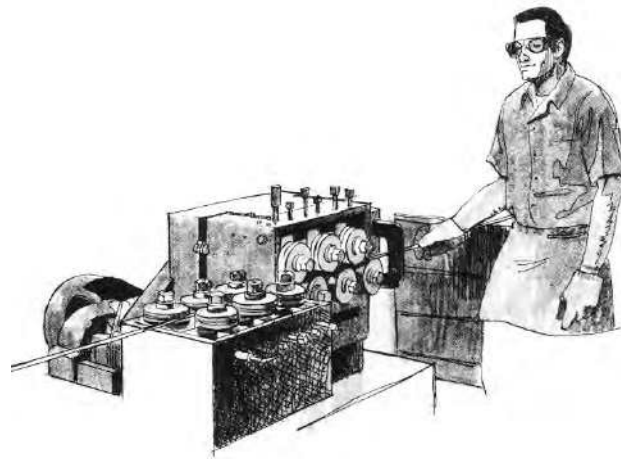


fig. 33 Enderezado

Los dados (herramientas) se fabrican en acero rápido (HSS) o en carburo de tungsteno (WC) y se fijan en el porta dado.

Otras trefiladoras para barras son de bancada corta, tienen un enfilador (saca-punta) que empuja la punta del perfil por el siguiente dado reducido. La punta es recibida por la pinza del jalador No. 1, el cual avanza hacia el jalador No. 2.

Este no. 2 inicia su carrera oprimiendo el perfil jalando un trayecto corto junto con el No. 1, mientras el No. 2 sigue su carrera, las pinzas No. 1 se abren y No. 1 regresa a posición inicial, oprimiendo nuevamente y avanzando paralelo al No. 2, el No. 2 termina su carrera y regresa acompañando nuevamente la estafeta del No. 1, recibiendo la tarea de jalar un poco antes de que No. 1 termina y regresa.

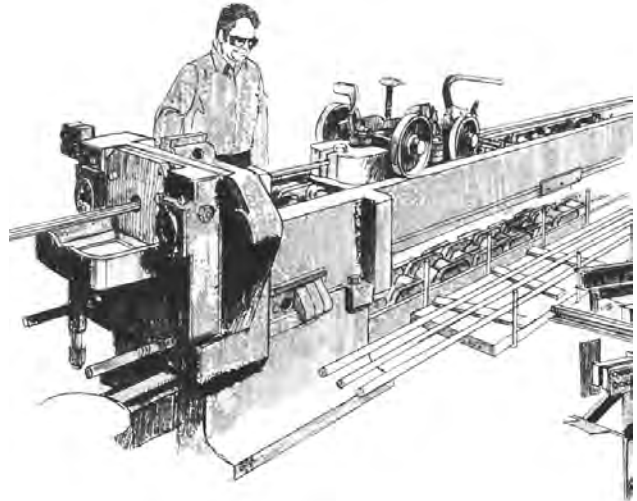


fig. 34 Trefiladora de bancada larga, con un solo cabezal jalador.

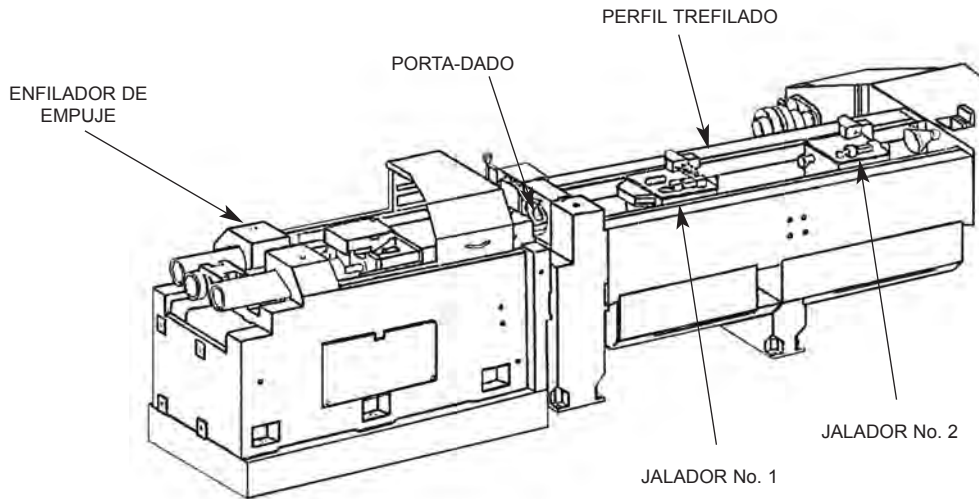
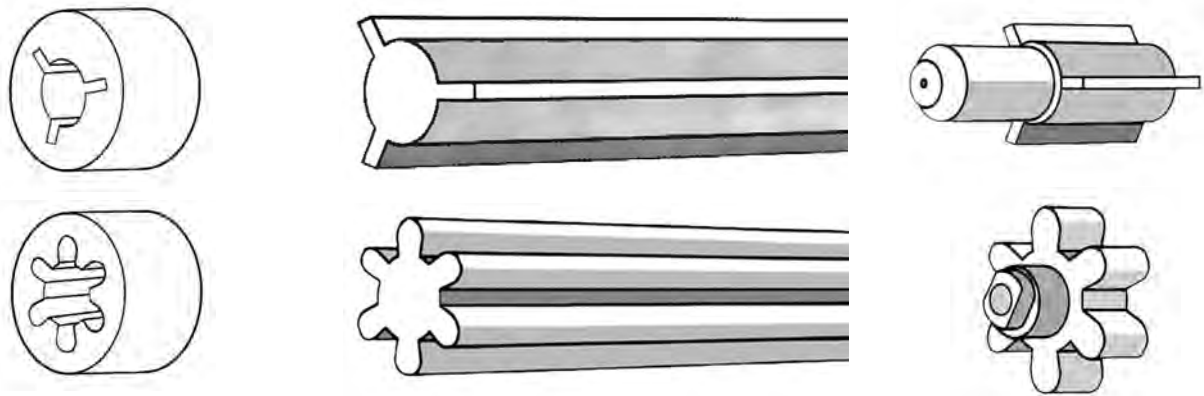
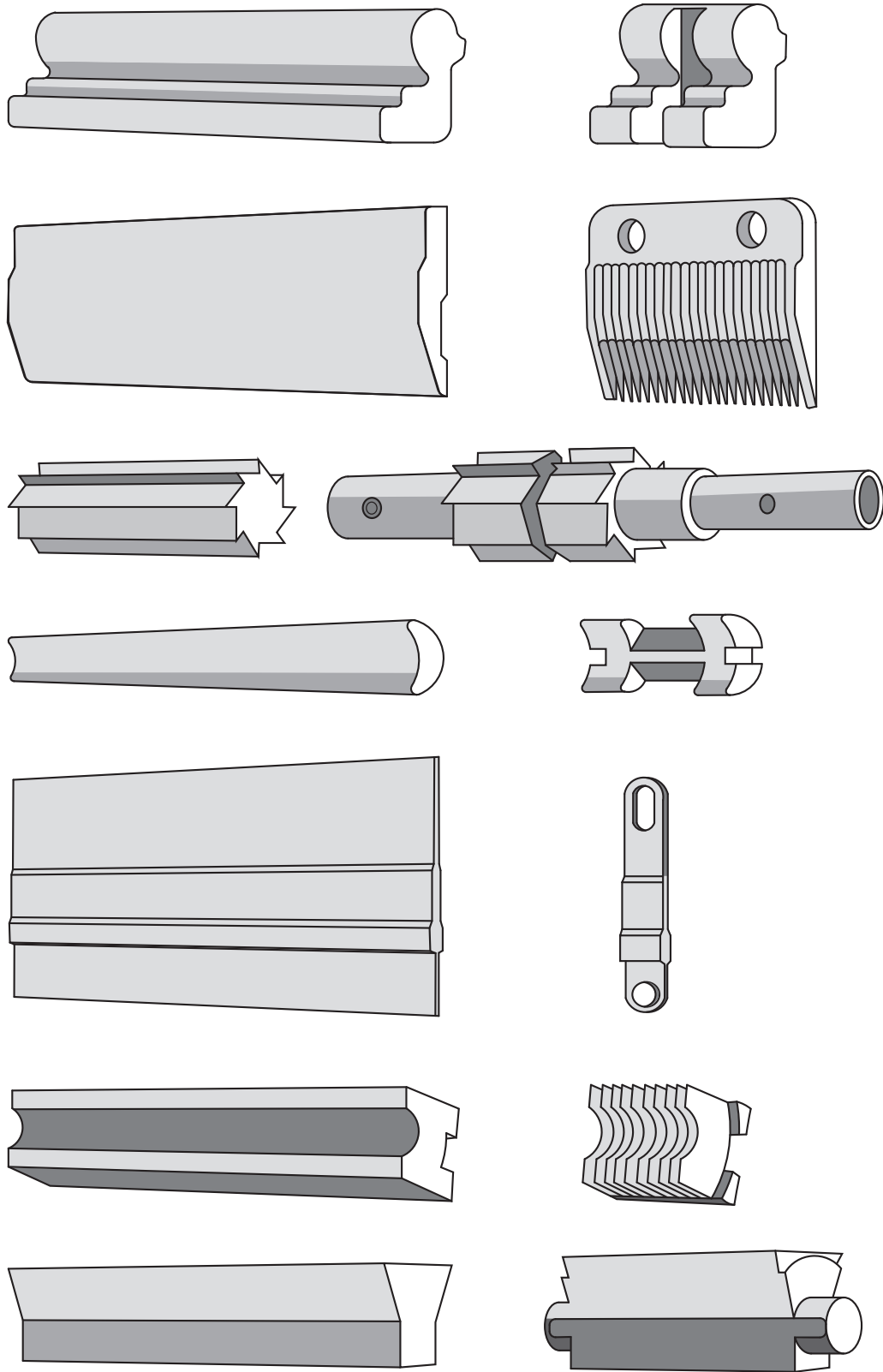


fig. 35 Trefiladora con enfilador de empuje y dos jaladores tipo estafeta



Dados Barra trefilada Producto terminado

fig. 36 Ejemplos de productos resultantes del proceso combinado: ROLADO - TREFILADO



Dados

Barra trefilada

Producto terminado

fig. 37 Otros ejemplos de productos resultantes del proceso combinado ROLADO - TREFILADO

Glosario

Decapado

Proceso de limpieza superficial. P. E. desengrasar o remover las escamas superficiales producidas por una laminación en caliente.

Descarbonización

Fenómeno que ocurre al calentar un acero al carbón. El carbón viaja a la superficie dejando escamas en la misma.

Estafeta

Mientras el primer jalador está en acción, el segundo regresa a la posición final del primero, para recibir este avance y seguir jalando sin interrupción, mientras el primer jalador regresa para entrar en acción al término del avance del segundo.

No. de calibre

Nominación de espesores o diámetros.
Herencia de normas inglesas y americanas.

Rodillos

Herramental aplicado en la laminación.

Rolado

Rodillos que en conjunto conforman un perfil.

Sentido del grano

Propiedad que adquiere el material durante la formación plástica.

Tandem

Dos discos jaladores en línea, que jalen el alambre por cada dado, obteniendo mayor reducción por cabezal.

Tocho

Preforma o forma y tamaño del material antes de su primera transformación.

Trefilado

Perfil pre-rolado, que es jalado por uno o varios dados subsecuentes para obtener, por reducción, un producto final, un perfil preciso.

Bibliografía

Ulrich Scharer S., **Ingeniería de Manufactura**.
Ed. Continental, Mexico, 1984.

SME (Society of manufacturing Engineers)
Tool Engineers Handbook. Mc. Graw Hill Book
Company Inc., 2000.

Joseph Flimm, **Spanlose Formgebung**.
(Transformación sin arranque de viruta) Hanser, 1996
Folleto

Rathbone, **(Handy & Harman Company) Cold
Drawn Profile Shapes and Pinion Rods**
Folleto

**Mannesmann Demag Hütten Technik D 4050
Mönchengladbach 1**
Alemania, Folleto

Carpenter Speciality Alloys, **Grupo Carpenter
Technology S.A. de C.V.**
Tlalnepantla, México. T.5328 0946

Draht (Alambre)
Arboga Drahtziehmaschinen
Revista

Industrial World (En español)
Revista

Diseño editorial y de portada:

Cecilia Sánchez Monroy

Diagramas:

Elena C. Silva Navarro

DR© 2003

Centro de Investigaciones de Diseño Industrial

Facultad de Arquitectura

Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, 04510

México, D.F.

ISBN: 970-32-1285-9

Impreso en México/Printed in Mexico



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL 

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México



Arq. Felipe Leal Fernández
Arq. Arturo Treviño Arizmendi
D.I. Jorge Vadillo López
D.I. José Luis Alegría Formoso
D.I. Héctor López Aguado A.

Director de la Facultad de Arquitectura
Coordinador General del CIDI
Coordinador Académico del CIDI
Coordinador de Proyectos y Enlace
Coordinador de Difusión