



62
2ej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

PARAMETROS PARA LA DETERMINACION DE LA
APLICABILIDAD DEL ALUMINIO ALEADO Y DE SUS
PRODUCTOS SEMIELABORADOS PARA USOS EN
LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

CARLOS GONZALEZ ABARCA

MEXICO, D. F.

1991

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

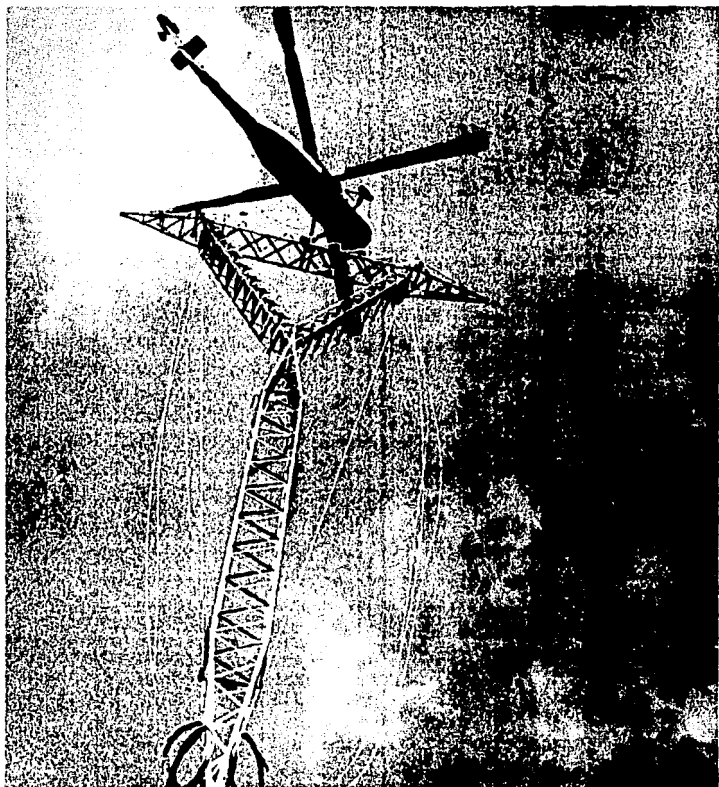
DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

	INTRODUCCION	1
I	ANTECEDENTES HISTORICOS DEL ALUMINIO	3
	A. Características principales del aluminio	7
	B. Obtención de la bauxita	9
	C. Obtención de la alumina	10
II	CONFORMACION ESQUEMATICA DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO	12
III	ALUMINIO METALICO SIN ALEAR	13
IV	ALUMINIO METALICO ALEADO	14
	A. Aleaciones para procesamiento mecánico	14
	B. Aleaciones para procesos de fundición	16
V	SEMIELABORACION - LOS PROCESOS Y LOS PRODUCTOS	19
	A. La semielaboración primaria	20
	1. Laminación	20
	2. Extrusión en caliente	26
	3. Fundición	34
	B. La semielaboración secundaria	38
	1. Los estados mecánicos de los productos semielaborados	38
	2. Productos para laminación	41
	3. Productos para extrusión	42
	4. Productos para fundición	43
VI	ACABADOS SUPERFICIALES - PROCESOS Y PRODUCTOS	45
	A. Color depositado electrolíticamente	45
	B. Tinte orgánico	46
	C. Acabados por medio de pintura	46
	D. Fluoropolímeros	47
VII	AREAS DE APLICABILIDAD POTENCIAL DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE ALUMINIO DENTRO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.	48
	CONCLUSIONES	51
	BIBLIOGRAFIA	59



INTRODUCCION.

A través del tiempo se han incorporado varios países a la producción del aluminio siendo hoy en día los principales productores, Estados Unidos, Unión Soviética, Canadá, Reino Unido de Gran Bretaña, Francia, Venezuela.

México, no ha estado ajeno a este proceso, hacia la década de los cincuentas empezaron a funcionar las primeras empresas dedicadas al procesamiento del aluminio con una capacidad inicial comparativamente corta que, para esta década alcanza ya, cientos de miles de toneladas de consumo aparente.

Aún tomando tales cifras como un indicador claro de progreso, creo necesario hacer hincapié en que, del inicio de operación de la industria del aluminio en México a nuestros días, han transcurrido, apenas unos cuarenta años y este solo hecho la convierte en "Industria joven".

Quizás por esa razón la obtención de la información que profesionales en disciplinas técnicas requieren para poder decidir la forma y el producto que deben considerar apropiados para una aplicación específica parece ser tan difícil y compleja.

Antes de entrar al tema de los parámetros y limitantes de las aplicaciones del aluminio se aclaran - si bien brevemente una serie de conceptos que, a mi personal juicio deben ser expuestos en la relación de causa/efecto que tienen en la práctica real, muchos de estos conceptos son bien conocidos pero, en realidad no son suficientemente entendidos y esto a dado a pie a muchos malos conceptos y errores.

Lo que generalmente llamamos "Aluminio", es en realidad alguna de sus muchas formas de óxido que es en el estado en el cual le encontramos en la naturaleza y a los minerales que contienen grandes cantidades de esos óxidos, se les denomina Bauxitas genéricamente.

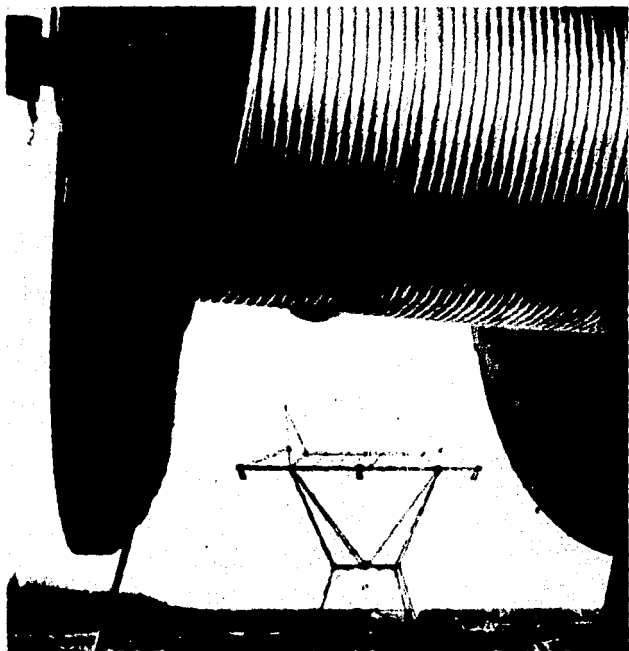
En su primera etapa se encuentra la Bauxita y se le somete a un proceso de separación llamado de "Bayer" por el cual se obtiene la alúmina para su procesamiento y obtención de aluminio puro por reducción electrolítica, cuyo proceso se conoce como "Hall - Herault", el cual rinde aluminio de "Primera fusión" o "Primario", de pureza "Comercial" (99.5%) sin alear. Obtenido aluminio "Primario", para poder mejorar sus propiedades e impartirle diversas formas elementales, es necesario someterlo a una serie de procesos que se les denomina de "Semielaboración" y que se consideran divididos en dos grandes grupos: los de semielaboración "Primaria" y los de semielaboración "Secundaria".

De cada uno de estos procesamientos, existen variantes, por ejemplo: en laminación, tenemos procesado en caliente y procesado en frío; los procesos de semielaboración que

llamamos "Secundaria" son los procesos que alteran solamente a la forma final de la pieza o parte aunque, también afectan consecutivamente al estado, condición y aspecto/apariencia de la superficie de los productos.

Siguiendo el mismo procedimiento hablaremos de otros procesos que empleando medios mecánicos, químicos, eléctricos y combinaciones de estos se aplican para impartir a la superficie de piezas semielaboradas propiedades adicionales que los procesos previos no pueden impartirles, pero que las condiciones del entorno al cual están destinadas pueda requerir. De entre la gama de estos procesos complementarios y debido a que tan solo formular una lista completa, es en sí objeto de tesis, en este trabajo solo se exponen las características y limitantes de dos de estos procesos que son el de anodizado y el de pintado electrostático.

En la parte final expongo mi tesis propiamente dicha así como conclusiones, bibliografía y otras referencias con lo cual cierro este trabajo.



TORRE DE ALUMINIO PARA TRANSMISION DE ENERGIA

CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS DEL ALUMINIO

EL ALUMINIO Y LOS PRIMITIVOS

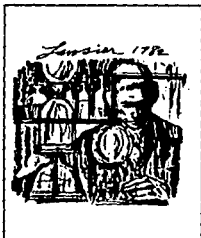


I ANTECEDENTES HISTORICOS DEL ALUMINIO.

El alumen fué utilizado 5,000 Años antes de Cristo, por las civilizaciones Asiáticas, Egipcias y Babilonicas para preparar medicinas y lo mezclaban con arcillas para formar cerámica y piezas que prevalecen hasta nuestros días.

Pasaron más de 6,000 años, y en el siglo XVIII, hacia 1702, la "Tierra Calcareá", sustancia parecida a la cal que siempre se asociaba al alumbre al que se consideraba formado por dos bases.

En 1782 Lavoisier:



Lavoisier

Postuló que "Es posible que el alumen sea el óxido de un metal cuya afinidad con el oxígeno sea tan fuerte que no pueda ser roto ni por el carbono ni por ningún otro reductor".

En 1807 Sir Humpherey Davy:

Después de sus éxitos por el método electrolítico en la separación o reducción del potasio, sodio, calcio y bario, se interesó en el aluminio pero todos los intentos por reducción fueron en vano. A pesar de todo aquello, se convenció de que el alumen es un óxido de base metálica y a ese metal hipotético

le dió el nombre de "ALUMINUM", que según el "Sonaba", más científico, que la denominación popular de "METAL DEL BARRO".

El término de "Aluminium", fué propuesto más tarde por H.E.Sant-Claire Deville que es el que hoy en día se usa en casi todos los países.

En 1825 H.C. Oerstedt:

Informó a la Real Academia de Ciencias de Copenague que había encontrado el "Metal de Barro", había producido un pequeño montón de Aluminio, calentando una amalgama de potasio con cloruro de Aluminio, después de lo cual encontró, Aluminio metálico encastrado en la amalgama.

En 1827 Frederich Wöhler:

Repitió el experimento de Oerstedt, logrando producirlo en partículas pequeñas como "Cabezas de alfiler", dijo entonces...

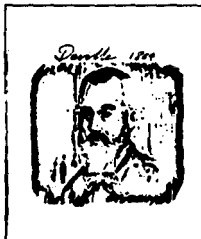
C. Oerstedt



"es ductil, ligero, estable en el aire y se le puede fundir con el calor de un soplete de laboratorio".

En 1854 H.E. Saint Claire Deville:

Anuncia ante la academia Francesa, que ha incorporado mejoras al método de Wöhler.



S.C. Deville.

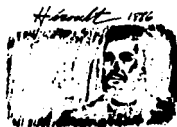
Sustituyó al sodio por potasio, encontrando que este le permitía separar "globulos" de aluminio que se coaligaban en "Pequeños montones de forma de pequeñas esferas". Como el sodio era mucho menos costoso que el potasio esto significaba que había encontrado, un proceso comercial para obtener aluminio metálico

En 1855: se conforma en Francia la Industria de Obtencion de Aluminio por métodos químicos. En la exposición de París, de ese año, junto a las joyas de la corona, se expusieron barras de aluminio metálico puro permitiendo así que el público pudiera verlo por primera vez. El costo del aluminio en ese año, era equivalente a unos \$ 545 Dolares americanos por libra o unos \$1,100 Dolares por Kilogramo.

Poco tiempo después, bajó drásticamente a \$115 Dolares, y para 1859, alcanzó, \$17 Dolares por Libra, debido a que las fabricas francesas ya estaban en plena producción.

En 1886 (Hall/Hèroult):

En este año ocurre uno de los acontecimientos que cambiaria radical y permanentemente la historia del aluminio y su aplicabilidad. Sin saber uno del otro, en lugares muy distantes, entre sí, Paul L. T. Hèroult en Francia, en un laboratorio prestado y Charles M. Hall en los Estados Unidos en un laboratorio de la Universidad donde estudiaba Oberlin College de Ohio, trabajaban en un método electrolítico para la producción del aluminio puro a partir de Al_2O_3 o "Alumina", En febrero de 1886, casi simultáneamente ambos investigadores lograron su proposito. Las vidas de estos dos hombres tienen muchas extrañas coincidencias más. Entre otras los dos nacieron en 1863, los dos murieron en 1914.



1852	\$545.00	1885	\$.52
1854	272.00	1900	.33
1855	113.30	1910	.22
1856	34.00	1920	.33
1857	27.20	1930	.24
1858-1885	11.33	1940	.19
1886	7.85	1950	.18
1888	5.25	1980	.26
1890	2.25	1984	.24

En esta tabla se ve con claridad el efecto del tiempo y la tecnología en la baja del precio del Aluminio.

(Fuente: *The Aluminium Association*).

El aluminio hace una entrada en el campo de los materiales de la construcción y a conseguido en el plazo de 100 años un estatus comparable con los metales más antiguos; también a contribuido a avances notables en diversos ramos de la Ingeniería.

En los últimos años el uso de este metal y algunas de sus aleaciones se ha extendido ampliamente a la manufactura de componentes para la edificación de casas, escuelas y edificios industriales, así como en estructuras especiales como puentes. Además, se ha reconocido siempre la posibilidad de proyecto de este material de construcción nuevo, y lo han empleado para conseguir efectos especiales en forma de fachadas, ventanas, puertas, verjas, balaustras, ascensores y escaleras móviles.

A medida que el aluminio competía cada vez más, con el precio con otros materiales estructurales, la construcción de puentes ofrecía buena oportunidad para comparar materiales de la construcción.

La construcción de puentes mostró el camino de la utilización estructural del acero con una magnífica obra de arte de Ingeniería Británica, el puente Firth of Forth construída en 1882-1889, por Jon Fowler y Benjamin Baker.

Hacia 1890 se completó el primer edificio con estructura metálica de acero en los E.E.U.U.; en Londres, un edificio con estructura metálica de acero proyectada por S.Bysander, fué erigido en 1904.

En octubre de 1948, se terminó el primer puente de tipo basculante de aluminio con una luz de 36 mts. , entre soportes giratorios, el puente pesó 51.5 toneladas, es decir, solo el 40% del peso de un puente de acero. Es interesante comparar estos pesos con las 378 toneladas, que pesó el primer puente de la historia, de hierro fundido, también de 30 mts. en Calbrookdale Inglaterra.

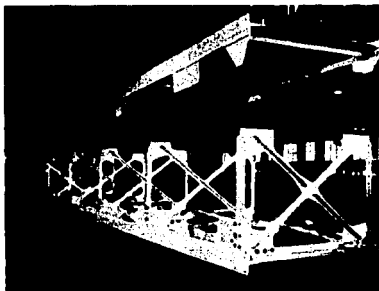
Las construcciones provisionales del "Festival of Britain South Bank Exhibition" en 1951, hace tiempo que han mostrado ser útiles , pero los logros en proyecto arquitectónico serán recordados por mucho tiempo, y habrán contribuido no poco a otras construcciones más permanentes.

Probablemente la edificación más sorprendente de este festival, fué la "Cúpula del descubrimiento".

La construcción de su bóveda de 109.5 mts, de claro la mayor del mundo en aluminio ha sido una hazaña dentro de la Ingeniería Estructural, dentro de la rama del aluminio en el uso de la construcción. Continuando la búsqueda de los componentes de materiales para usos más sofisticados con mayor complejidad en este siglo XXI.



Fabricación y montaje de tramo de puente para ferrocarril.



A. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL ALUMINIO.

1.- Ligereza.

El Aluminio es un elemento de baja inercia.

El Aluminio tiene la densidad más baja de todos los metales estructurales, ($\gamma = 2.7$) comunes, con la sola excepción del magnesio, Mg. (2.43)

2.- Rigidez Relativa.

El aluminio, comercialmente puro, tiene una resistencia a la tensión baja, aleado con otros elementos como Cu, Mg, o Zn, y sometidos a tratamientos térmicos adecuados puede alcanzar una resistencia comparable con la de algunos aceros.

3.- Resistencia a la corrosión.

La película de óxido de aluminio Al_2O_3 , que se forma naturalmente en el metal al ser expuesto al aire lo protege de la corrosión ambiental inclusive en atmósferas marinas o fabriles.

4.- Conductividad eléctrica.

Por su baja densidad, tres veces menor que la del cobre, el aluminio es el mejor conductor de electricidad, a peso igual la conductividad del aluminio como por ciento de la "galga" normal de cobre recocido a $21^\circ C$ es de $2.9 \mu\Omega/cm^3$

5.- Propiedades Mecánicas.

Cada una de estas propiedades mecánicas, han emergido en los laboratorios, dando como resultado una aportación enorme para las estructuras.

6.- Facilidad de Transformación y Semielaboración.

El aluminio puede ser trabajado por muchos medios, como laminado, extruido, forjado, estirado, embutido o rechazado, además puede ser colado facilmente.

7.- Facilidad de unir sus partes.

Las partes de Aluminio, pueden unirse por varios medios como remachado, resinas, adhesivos, soldadura con gases inertes, etc.

8.- Facilidades para su acabado.

Las superficies del Aluminio pueden acabarse (para efectos especiales), por medio de mecánicos o químicos como cepillado, pulido anodizado y abrigantado, entre otras.

9.- Conductividad de Calor.

El Aluminio es fuerte conductor térmico (aproximadamente tres veces más que el fierro). Es importante en aplicaciones que involucran calor y frío, por ejemplo: utensilios de cocina, evaporadores de refrigeración, componente de ingeniería automotriz e intercambiadores de calor.

10.- Reflectividad Radiante.

El Aluminio pulido es un excelente reflector de energía radiante en las longitudes de onda ultravioleta a infrarroja y las ondas electromagnéticas de radio y radar. El aluminio es un reflejante de luz visible (más de 80%) ha llevado la expansión de su uso para lámparas reflectoras, la reflectividad radiante del aluminio es aprovechada en techumbres y acumuladores solares.

11.- No Magnético.

El Aluminio no es magnético, es por eso usado frecuentemente como cubiertas de equipo electrónico.

12.- No Provoca Chispa.

En muchas circunstancias el aluminio no provoca chispa. Por eso es usado con frecuencia para almacenar sustancias explosivas o flamables.

13.- Afinidad con el Oxígeno.

Ciertas condiciones del polvo del aluminio combinado con el oxígeno, libera una gran cantidad de energía casi 400 calorías por molécula. Esta propiedad se usa para hacer explosivos e impulsores.

B. OBTENCION DE LA BAUXITA.

Al momento de ser creado, el aluminio se combinó instantaneamente con otros muchos elementos, por lo que no se le encuentra en estado metálico. En su forma natural, con oxígeno el aluminio formó lo que ahora llamamos zafiro, el rubí, la amatista oriental y la esmeralda oriental.

Con flúor y silicio formó el topacio; con sílica formó las micas, granates, feldspatos; con fosfato la turquesa; con silicio la sosa; con oxígeno el jade, las formas cristalinas de algunos de estos son consideradas gemas por el hombre.

Cuando la corteza terrestre se enfrió, el aluminio se mezcló con agua y oxígeno para formar el material original del que surgió la Bauxita, la base del mineral de aluminio.

Así, si es baja en hierro, la Bauxita es blanca, gris o crema con regular contenido de hierro, puede ser de color rosado, amarillo, café claro o rojo pálido; si tiene mucho hierro, es rojo oscuro o café.

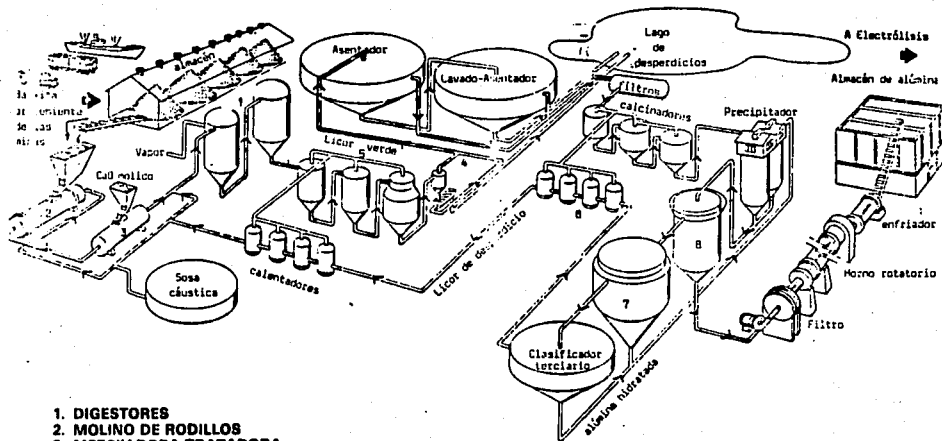
La Bauxita, es un mineral descubierto en Les Baux, Provincia de Francia, en 1821, la Bauxita, contiene el trihidrato, el monohidrato o una mezcla de ambos con algunas impurezas que son principalmente óxido de hierro, silicio o titanio. Una Bauxita (trihidrato) típica, puede tener las siguientes composiciones aproximadas; Agua combinada 30%, Alumina 58%, óxido de Hierro 5%, óxido de titanio 2%.

Las Bauxitas son producidas por la acción de los agentes atmosféricos sobre silicatos de aluminio y se hayan principalmente en las zonas templadas y tórridas, donde puede avanzar en grado considerable la separación y arrastre de la sílice por el agua.

El aluminio uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, de la que forma el 8%, el hierro está presente únicamente en la proporción del 5%.

A causa de su gran afinidad por el oxígeno no se encuentra nunca en estado metálico natural y por esto permaneció sin descubrir durante siglos.

OBTENCION DE ALUMINA



1. DIGESTORES
2. MOLINO DE RODILLOS
3. MEZCLADORA-TRATADORA
4. CLÁSIFICADOR DE GRANO
5. TANQUES DECANTADORES
6. CALENTADORES
7. CLASIFICADOR SECUNDARIO ASENTADOR
8. CLASIFICADOR PRIMARIO ASENTADOR

C. OBTENCION DE ALUMINA.

Con la posibilidad de industrializar al Aluminio se abre una nueva era que se inició con la operación de las plantas de Pittsburgh Reduction Company y Sociedad Electrometalúrgica Francesa, quienes iniciaron su producción a través de un proceso que hoy es conocido y practicado a nivel mundial mismo que comienza con la obtención de alúmina u óxido de Aluminio a partir de la Bauxita. Este proceso es conocido por el apellido de su inventor es decir, Proceso Bayer o "Proceso de Bayer".

La Bauxita es molida y mezclada con una solución de sosa cáustica, Esta solución se bombea a unos tanques de presión o digestores para formar el Aluminio de sodio soluble y el óxido de hierro, silicato de sodio, Aluminio y titanato de sodio que son insolubles. Esta mezcla de sólidos y líquidos que contiene la alúmina soluble es pasada a través de una serie de tanques de separación y filtros donde son retenidos los sólidos que son conocidos con el nombre de "Lodos rojos".

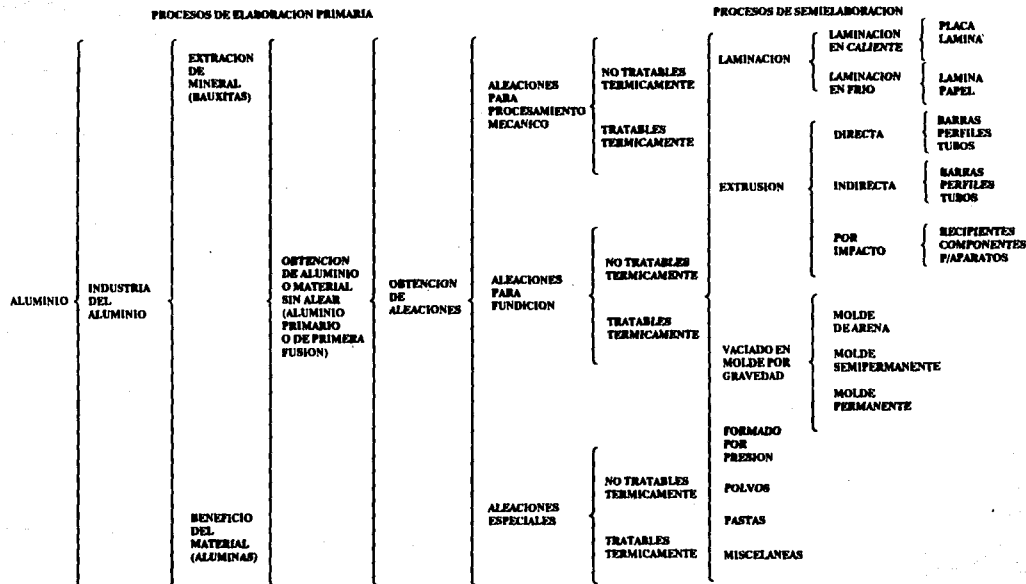
La solución filtrada de aluminato de sodio pasa de una torre de enfriamiento y luego a los tanques de precipitación que son de acero y tiene la altura de un edificio de ocho pisos en los cuales se agregan, por la parte superior cristales de alúmina hidratada para que sobre estos se vaya depositando nuevos cristales de oxígeno de aluminio.

A este proceso se le llama "Siembra", este precipitado es filtrado, lavado y calcinado a 1000°C, en hornos rotatorios y enfriados, así, se obtiene el óxido de aluminio anhídrido y no higroscópico que es un polvo blanco y fino parecido al azúcar.

CAPITULO II

CONFORMACION ESQUEMATICA DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO

CONFORMACION ESQUEMATICA DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO



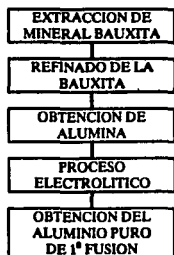
CAPITULO III

ALUMINIO METALICO SIN ALEAR



**ASPECTO TIPICO DE UNA INSTALACION DE CELDAS O TINAS
DE REDUCCION PARA ALUMINIO PURO SIN ALEAR**

ESQUEMA DE LA OBTENCION DEL ALUMINIO



III ALUMINIO METALICO SIN ALEAR.

En las plantas modernas la alúmina es disuelta en un baño de criolita fundida en grandes hornos electrolíticos llamados "Tinas", la energía eléctrica disocia el oxígeno del aluminio. El oxígeno se combina con el carbón del ánodo y se elimina en forma de dióxido de carbono. Y el aluminio se deposita en el fondo de la "Tina".

En este proceso continuo, el calor generado por la resistencia que ofrece el baño de criolita al paso de la corriente eléctrica mantiene esta fundida a una temperatura de 980°C, lo que permite que las nuevas cargas de alumina sean disueltas con facilidad.

El aluminio es extraído periódicamente de las tinas por medio de sifones hacia crisoles; de ahí el metal es transportado a los hornos de retención donde se controla su composición química.

La producción de un kilo de aluminio metálico parte de cuatro kilos de Bauxita, los cuales se convierten en dos kilos de alúmina con 30 grms. pasta de carbón y 17 kw/h. de energía eléctrica.

CAPITULO IV

ALUMINIO METALICO ALEADO

IV ALUMINIO METALICO ALEADO.

Se ha hecho un gran esfuerzo por simplificar y normalizar la designación de este material, para las diferentes aleaciones y sus procesos.

Las aleaciones se dividen en dos grandes grupos: aleaciones para procesamiento mecánico y aleaciones para procesamiento por fundición el primero de los dos se dividen en ocho series de acuerdo con los elementos aleantes principales y dentro de cada una de ellas se han designado composiciones normales con propiedades específicas.

A. Aleaciones para procesamiento mecánico

Nacionalmente esta normalización por lo que respecta a composición química está cubierta por la norma nacional NOM-W-39.-1987, "Aluminio y sus aleaciones, Aluminio de primera fusión puro y aleado para procesamiento mecánico; límites de composiciones químicas".

Estos grupos de aleaciones son:

ALEACIONES SERIE 1000.

(Aluminio de pureza comercial)

Esta tiene un 99% de aluminio o más, son las aleaciones más puras y se caracterizan en lo general por buena resistencia a la corrosión y conductibilidad eléctrica, buena ductilidad y baja resistencia mecánica.

Sus principales aplicaciones son en el campo eléctrico y en gran parte de lámina de aluminio de uso general en la aleación 1100 de esta serie.

SERIE 2000.

(Aluminio / Cobre; Al.Cu)

El cobre es el elemento principal de aleación, estas aleaciones son susceptibles de tratamiento térmico y tiene resistencia similar a la de la lámina de hierro común, no tiene buenas propiedades de ductilidad ni de corrosión y es frecuente que se les aplique una capa protectora de aluminio puro, la aplicación más conocida de estas aleaciones es en la Industria Aeronáutica.

SERIE 3000.

(Aluminio / Manganeso; Al.Mn)

El elemento principal de aleación es el manganeso. Esta serie normalmente no es tratable térmicamente y si lo es mecánicamente; una de sus aplicaciones más comunes es en la lámina, particularmente la aleación 3003 que se usa extensamente para aplicaciones que

requieren una resistencia mecánica superior a la aleación 1100 y su ductilidad un poco inferior.

SERIE 4000.

(Aluminio / Silicio; Al.Si)

Silicio es el elemento en aleación principal, el cual tiene como efecto bajar la temperatura de fusión y en suficiente cantidad, de reducir el coeficiente de expansión térmica.

Estas propiedades hacen a estas aleaciones útiles para la producción de alambre de soldar y aleaciones para forja.

SERIE 5000.

(Aluminio / Magnesio; Al.Mg)

El elemento fundamental es magnesio y en algunas aleaciones con manganeso siendo el más efectivo y el que se puede agregar en mayor cantidad; estas aleaciones no tienen tratamiento térmico en general, pero desarrollan propiedades mecánicas por trabajo mecánico en frío, tiene buena resistencia a la corrosión y soldabilidad, sus aplicaciones fundamentales son láminas, alambres, tubos y remaches.

SERIE 6000.

(Aluminio / Silicio / Magnesio; Al.Si.Mg)

En esta serie los elementos fundamentales son silicio y magnesio en las proporciones adecuadas para que formen siliciuro de magnesio y este compuesto es el que entra en aleación con aluminio. Este grupo de aleación es tratable térmicamente y recibe cierta cantidad de trabajo en frío.

Estas aleaciones principalmente son para formas estructurales y tiene un buen balance de propiedades como son resistencia mediana, buena formabilidad, facilidad de manufactura, buen acabado superficial, buena resistencia a la corrosión, facilidad de tomar acabados anódicos y bajo costo. Este grupo de propiedades han hecho que estas aleaciones compitan muy favorablemente con el acero.

En nuestro país la aleación más usada de este grupo es la 6063 esencialmente para usos arquitectónicos, esta aleación es muy versátil en su proceso de fabricación y permite por el proceso de extrusión, una variedad; limitada de figura con buena precisión que permite un trabajo exacto posterior, otras aleaciones populares de este grupo son:

La 6061 de una resistencia superior a la 6063, ideal para estructuras.

La 6463, similar a la 6063, en propiedades y que en adición permite anodizado brillante que la hace atractiva para molduras automotrices y de aparatos domésticos.

SERIE 7000.

(Aluminio / Zinc; Al.Zn)

El elemento fundamental es zinc y cuando se alea en conjunto con pequeñas cantidades de magnesio da aleaciones tratables térmicamente de muy alta resistencia, productos de este grupo se usan esencialmente en la Industria Aeronáutica y Aeroespacial.

SERIE 8000.

(Aluminio y aleantes diversos)

Esta serie se usa para otros elementos aleantes, por ejemplo Ni; Bo; Fe; Be; etc, esta serie es relativamente poco usada.

Este sistema de designación lo generó *The Aluminium Association* de los E.U. Principalmente debido a que en particular en Europa y aún en este continente había varios sistemas de designación que provocaban por sus diferencias, confusiones en la economía y comercio internacionales.

En la actualidad, este sistema de designación que originalmente se llamó "El Sistema A.A." es empleado por casi todos los países su administración a quedado a cargo de *Organización Internacional de Normalización (ISO)*.

Aleaciones no tratables térmicamente serie de la 1000 a 5000.

Aleaciones tratables térmicamente serie de 6000 a 8000.

Con sus excepciones como en las aleaciones 2000, la 3003, que se usa exclusivamente para aplicaciones que requieren con resistencia mecánica superior a la aleación 1100 y son susceptibles a tratamientos mecánicos.

B. Aleaciones para procesos de fundición

La principal diferencia en la clasificación y designación de las aleaciones destinadas a ser procesadas en semielaboración primaria, por procesos en fundición y las que tratamos en el capítulo anterior, es decir, las destinadas a procesamiento mecánico consiste en que se separa en tres subgrupos fundamentales.

Tales subgrupos son:

Aleaciones para fundición en arena.

Aleaciones para molde permanente.

Aleaciones a presión.

La segunda diferencia lo constituye la composición química de las aleaciones, esta restringida a cinco aleantes principales que son el cobre (Cu), el silicio (Si), el magnesio (Mg), el zinc (Zn), el níquel (Ni), que además constituyen series aleantes como es en el caso en las aleaciones para procesamiento mecánico en las que se distinguen las series 1000, 2000, 3000 etc.

La tercera diferencia la constituyen los números de designación, ya que para estas aleaciones esas designaciones se hacen no sólo a base de dígitos sino también en algunos casos por las iniciales A, B, C, y F seguidas sin guión de no menos de dos ni más de tres dígitos.

Al igual que en el caso de aleaciones en el procesamiento mecánico, la composición química de las aleaciones para procesamiento para fundición, tiene una influencia importante, tanto en la temperatura de fusión que afecta significativamente el flujo de metal fundido en el momento del vaciado, lo mismo que, a otras características tales como la resistencia a la corrosión y maquinabilidad. Desde luego, la composición química afecta significativamente a las propiedades mecánicas garantizables mínimas, si bien, por sí misma no afecta significativamente al estado mecánico de los del producto de semielaboración primaria. El estado mecánico de los productos de semielaboración primaria por procesos de designación solo puede ser modificado mediante tratamientos térmicos.

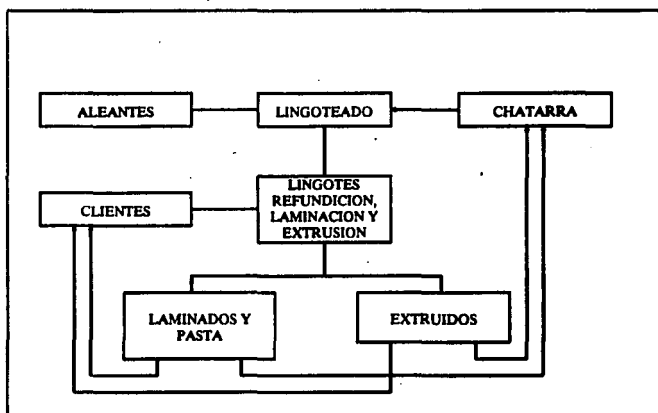
En algunos casos en particular cuando el producto de semielaboración primaria por elaboración se va a destinar a servir como material de aporte ó "blanca" para forjar el trabajo mecánico al que se le somete durante el forjado altera el estado mecánico de manera tal que por efecto de exposición a las condiciones de temperatura ambiente pueden alterarse algunas propiedades mecánicas la cual de todas maneras implica que para poder estabilizar el estado mecánico del producto es necesario a uno o varios tratamientos térmicos.

En términos generales, se puede decir que el grupo de aleaciones para fundición en arena tiene propiedades mecánicas, cuyos valores van de bajos a medianos, las del grupo para fundición en molde permanente van de medianos a altos y por último las del grupo para fundición a presión tienen resistencias y propiedades mecánicas altas, el módulo de elasticidad se conserva en los 703,000 kg/cm².

Los productos de semielaboración por fundición tienen relativamente pocas aplicaciones en la industria de la construcción, propiamente dichas por ello, este artículo es solamente de naturaleza informativa que es suficiente para los fines de esta tesis.

La norma oficial mexicana en donde se enumeran y normalizan las denominaciones y composiciones químicas de las aleaciones para semielaboración por fundición es la NOM-W-54-1977.

ESQUEMA DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS



CAPITULO V

SEMIELABORACION LOS PROCESOS Y LOS PRODUCTOS

V SEMIELABORACION - LOS PROCESOS Y LOS PRODUCTOS

Es un proceso o una serie de procesos que se aplican para impartir una nueva forma a cualquiera de las formas más simples del aluminio metálico aleado, es decir a los lingotes, con el objeto de producir formas útiles para otros procesos posteriores.

Como ejemplo de lo definido podemos tomar el caso de placas y láminas que se producen por un proceso llamado de laminación que partiendo de una forma simple de aluminio aleado que se denomina "Lingote de laminación", que es una pieza de forma que se aproxima a un prisma rectangular de gran tamaño y peso, se le somete a grandes presiones en máquinas especiales llamadas "Molinos", y se le va adelgazando o "Reduciendo" hasta llegar a un espesor mucho menor con lo cual el lingote de laminación queda convertido en "Placa" o "Plancha".

El concepto de semielaboración contiene dos variantes:

Una: La que corresponde a casos como el del ejemplo a la que se denomina "Semielaboración Primaria".

Otra: La semielaboración secundaria es el proceso o conjunto de procesos que se aplican a productos de semielaboración primaria con objeto de cambiar ciertas condiciones tales como modificación de la sección transversal; corrugaciones para lograr láminas para techos o modificaciones de la apariencia o acabado superficial tales como estrías, martilladuras etc.

A. La semielaboración primaria

1. Laminación

Este proceso para el trabajo de metales, es uno de los más antiguos, siendo sus primeras aplicaciones para artefactos de guerra, otras aplicaciones fueron para la elaboración de joyería y utensilios domésticos, se lograba a base de calentar y golpear el material para darle forma plana o redonda o cualquier otra, invirtiendo mucho tiempo y esfuerzo físico.

Después de varios siglos se alcanzó un buen conocimiento técnico del proceso, y se inicia la búsqueda de medios y procedimientos para tener resultados repetibles que a través del tiempo han venido a conformar el proceso que hoy conocemos como laminación que, en principio sigue siendo el mismo que el de los antiguos procesos, pero que hoy en día a logrado resultados perfectamente repetibles. Podemos considerar que en el siglo XX, el proceso de laminación consiste en que una pieza de forma y medidas específicas, hechos con un material maleable, se va reduciendo a su mínimo espesor de manera gradual y controlada, haciéndolas pasar entre dos cilindros o rodillos, que aplican gran presión para reducir a un espesor menor y así sucesivamente se va transformando en una banda que a cada paso se va haciendo más larga y más delgada.

ALEACIONES PARA LAMINACION QUE SE PRODUCEN EN MEXICO

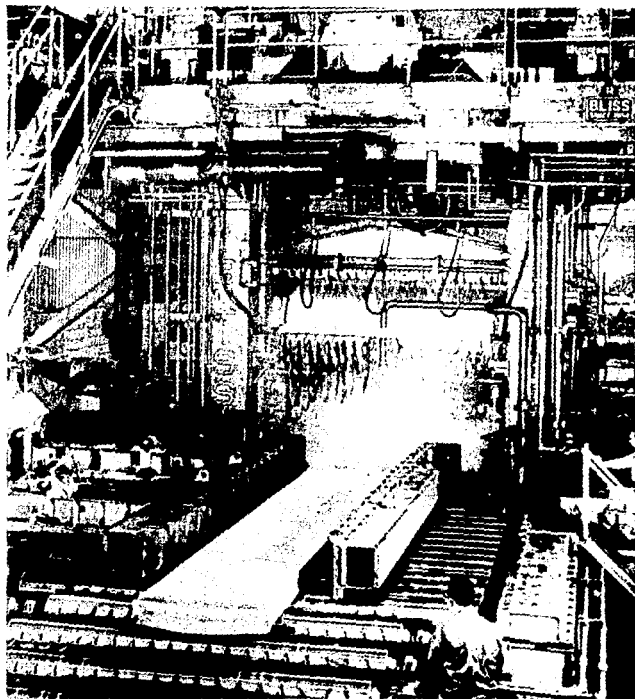
SERIE 1000	NOM W 39 SERIE 3000	SERIE 5000
1060	3003	5005
1070	3004	5052
1100		5454
1200		
1350		

ALEACIONES INTERNACIONALES

	AA - 150	
1060	5050	5456
1100	5052	5652
2014	5083	6061
2024	5086	7075
2219	5114	7178
3003	6254	
3004	6454	
5005		

A esa forma de producto se le llama de varias maneras que dependen de limitantes de los espesores. Así cuando el producto tiene un espesor menor de 6.35mm, por ejemplo: 6.3mm se le denomina lámina u hoja y cuando el espesor es menor de 0.15 mm, (0.006"), se le denomina papel o foil.

Este proceso tiene dos variantes claramente distintas, a las que se les denomina respectivamente "laminación en caliente" o "caliente" y "laminación fría" o "en frío". En las fracciones que siguen se explican un poco más ampliamente.

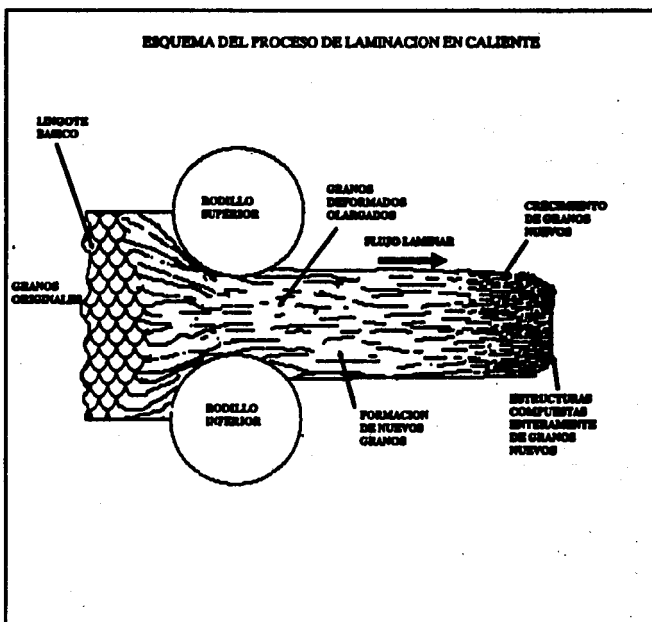


MOLINO DE LAMINACION EN CALIENTE

a.- Laminación en caliente.

Como quedo expuesto en la explicación general que antecede, este proceso es tan solo una de las dos variantes fundamentales del proceso básico de laminación.

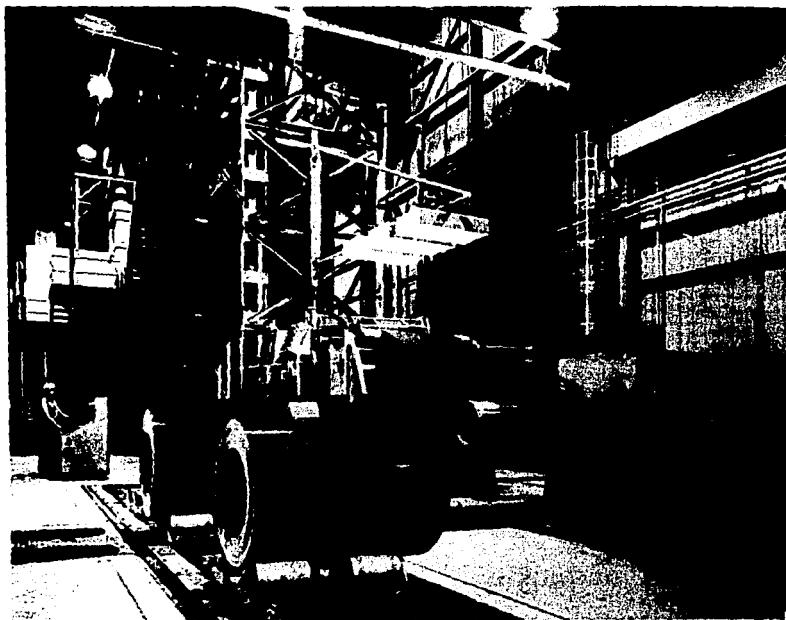
Debido a que el producto resultante puede ser empleado como elemento básico en dos areas principales o en aún otras más de semielaboración secundaria destinada, en primer caso, a la continuación del proceso ya no partiendo de un lingote si no de "placa" o "plancha" cuyo espesor y estado de maleabilidad sean tales que permitan reducir su espesor y cambiar su estado de maleabilidad y rigidez por medio de máquinas o equipos que trabajan sin necesidad de calor.



En un segundo caso el producto obtenido se destina a fabricaciones de la industria metal-mecánica.

Una vez que se sabe a que área de semielaboración secundaria se va a destinar el producto se trata el lingote básico en un tratamiento térmico conocido como "homogeneización"; cuyo objeto es mejorar la estructura granular del metal del lingote lo cual a su vez rinde como resultado la casi total ausencia de defectos llamados "interscificiales", es decir defectos que pueden encontrarse tanto a simple vista como en el interior de la masa del producto; en la actualidad es practica y generalizada en molinos de laminación en caliente el empleo del lingote homogeneizado debido a que mejora la calidad del producto final.

Si bien es cierto que en la actualidad se aplican en este proceso varias técnicas avanzadas para la semielaboración de productos tales como "placa o chapa revestida". Remito a quien se interese en el asunto a los especialistas e instituciones del ramo.



EMBOBINADO DE LAMINADO EN FRIO

b.- Laminación en frío.

La demanda de productos semielaborados por laminación con espesores más delgados que los 6.3mm, así como acabados superficiales más tersos y finos que los logrables por laminación en caliente dio por resultado la variante conocida como "laminación en frío". Este proceso depende de la maleabilidad natural del metal que permite continuar reduciendo el espesor hasta alcanzar una reducción en el orden de centésimas de milímetros. Para propósitos prácticos, los productos denominados genéricamente "lámina", por consenso, son solamente aquellos comprendidos en el intervalo de espesores de 6.3mm, a 0.15mm, (0.249 a 0.006").

En el término "laminación en frío" es, en realidad poco preciso debido a que parece implicar la ausencia de calor el cual sí está implícito en varios pasos del proceso debido a que, al irse comprimiendo y deformando la estructura granular del metal, va perdiendo maleabilidad por lo que, para poder continuar reduciendo el espesor, es necesario calentarlo controladamente y por periodos prolongados en hornos especiales.

A este paso se le conoce en la industria como "recocido". Por este proceso de semielaboración se obtiene dos formas básicas de producto semielaborado, estas dos formas básicas son:

La lámina en rollos o bobinas que es totalmente lisa que puede tener varios anchos que alcanzan hasta 1500mm.

La otra forma es la lámina en hoja que puede tener varios tamaños tanto en longitud como en ancho.

Puede haber variantes de estos productos, una de estas variantes es la que se conoce con el nombre genérico "lámina revestida" que fundamentalmente consiste en la laminación simultánea de dos o más hojas de por lo menos dos distintas aleaciones que se utilizan en aplicaciones especiales donde puede ocurrir corrosión por agentes químicos. Esta variante no es de las que conocemos como de fabricación comercial o estandar si no que se hace exclusivamente sobre pedido.

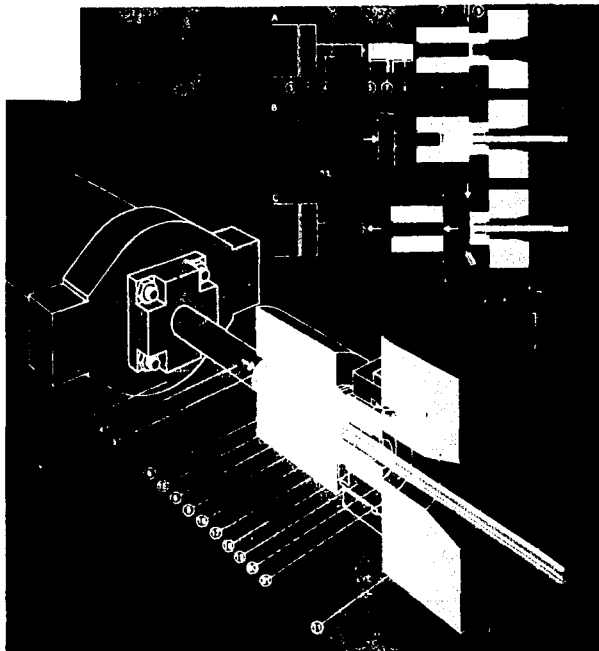
Cualquiera de estos productos se destina a procesos adicionales de semielaboración secundaria de los cuales resultan productos tan diversos como discos para la fabricación por rechazado y por embutido de recipientes muy diversos; láminas corrugadas; láminas con acabados superficiales con varios patrones como estirado, cuadrulado, repujado y muchos más. Dentro de este grupo de semielaboración secundaria están las láminas lisas planas con calidad de acabado superficial propio para recibir acabados adicionales como el anodizado o la pintura.

SECUENCIA DE OPERACIONES

- A.- Cargado de lingote
- B.- Extrusión
- C.- Corte del residuo
embolo y recipiente retraídos

COMPONENTES:

- 1.- Cruceta del embolo
- 2.- Sisalla
- 3.- Cilindro maestro
- 4.- Vastago
- 5.- Bloque falso
- 6.- Lingote
- 7.- Cargador del lingote
- 8.- Recipiente
- 9.- Matriz o "dado"
- 10.- Conjunto del herramental
- 11.- Puente de la máquina
- 12.- Perfil extruido
- 13.- Embolo principal
- 14.- Residuo
- 15.- Camisa interior
- 16.- Respaldador
- 17.- Anillo porta matriz
- 18.- Apoyo
- 19.- Deslizador para matriz
- 20.- Subapoyo
- 21.- Candado o yugo.



2.- Extrusión en caliente.

Este proceso consiste en que un lingote fundido de metal es transformado en un tramo de sección transversal uniforme forzándolo a pasar por el orificio de un dispositivo llamado matriz, que tiene la forma que se desea impartir.

a.- Variantes (Directa, Indirecta).

Existen dos métodos de extrusión ambos aplicados en la práctica actual para extruir perfiles de aluminio en todo el mundo. Estos dos métodos se denominan "EXTRUSION DIRECTA" o "EXTRUSION INVERSA". Esencialmente ambos métodos, producen un mismo resultado, si bien algunos extrusores argumentan, que el método de extrusión directa es el más apropiado sobretodo cuando se trata de perfiles de gran tamaño y complejidad de sección.

La diferencia entre los dos métodos estriba en la manera en la cual se hace fluir el metal para que pase por la matriz. En el método directo el metal es prensado por un pistón hidroneumático de gran tamaño y forzado a pasar otra vez del o de los orificios de la matriz saliendo por el lado opuesto y enfriándose rápidamente.

En el método Indirecto, el pistón es fijo, no tiene ningún movimiento, el metal en estado plástico está igualmente, impedido de moverse y es la matriz, montada en un dispositivo especial, también hidroneumático, la que avanza contra el metal forzandola a fluir por el o los orificios que tenga.

b.- Procesos Conexos.

Al completar el ciclo de extrusión los tramos producidos tienen ciertos defectos que si no son corregidos, pueden impedir que las partes y piezas que se pretendan fabricar partiendo en un tramo extruido puedan ser conectadas o unidas con otras partes y piezas.

Tales defectos son generalmente, deformidades como "FALTA DE RECTITUD", "FALTA DE ESCUADRIA", "TORSION EXCESIVA" etc. Todos estos pueden ser y son corregidos en un proceso que se efectúa después que el o los tramos de perfil se han enfriado y se conocen con el nombre de estirado o "ESTIRADO/NIVELADO", este proceso se efectúa en una máquina separada que usualmente está instalada cerca de la prensa de extrusión y está constituida básicamente por tres conjuntos mecánicos que son un conjunto fijo que tiene un

dispositivo que por medio de una "mordaza" aprisiona y retiene un extremo del tramo del perfil que se va a procesar; una bancada (o riel) de unos 9.0m. de largo y otro conjunto mecánico que también tiene mordazas, cuyo conjunto se desliza sobre la bancada impulsada por un motor y otros mecanismos de manera que el operador pueda acercar o alejar este conjunto respecto del que está fijo.

El proceso es simple, se inserta un extremo del tramo a procesar en las mordazas del conjunto fijo y se cierran las mordazas para retenerlos firme y fuertemente; se aleja el conjunto móvil y se inserta el otro extremo del tramo y se cierran las mordazas. Seguidamente el operado hace que el conjunto móvil, se aleje del fijo muy gradualmente y hasta que el tramo alcance una tensión de estirado que provoque un alargamiento a cuyo punto se abren las mordazas y se inspecciona visualmente el tramo para verificar si la o las deformaciones desaparecieron. Si se aprueba se lleva a sierras y se cortan los extremos aplastados por las mordazas o si no se repite el ciclo una sola vez más.

En algunos casos el proceso de estirado/nivelado no es suficiente para dar la escuadria de algunas partes de la sección transversal respecto de otra u otras adyacentes.

Cuando esto se requiere se recurre a procedimientos básicamente manuales a base de rodillos, malletes de madera o pasta; palancas de madera dura, etc, manejados por personal especializado y experto. Estos procedimientos requieren mucho tiempo y son muy costosos, por lo general, se procura limitar su empleo solo a casos especiales.

c.- Clasificación de las extrusiones.

Tradicionalmente, en casi todo el mundo, las extrusiones o perfiles extruidos se clasifican por la forma básica de su sección transversal en tres grandes "grupos", o clases, estas clases se denominan "SOLIDOS", "SEMIHUECOS", y "HUECOS" cuyas denominaciones han pasado a formar parte del argot "IDIOMA" del ramo y que generalmente se dan sin recurrir a su definición formal.

Al estudiar catálogos de perfiles extruidos, lo primero que salta a la vista es la enorme diversidad de formas y geometrías de las secciones ilustradas y lo segundo es que la clasificación basada en la forma básica de las secciones no es el único método para clasificación. Otras bases son, por ejemplo, la designación por la manera en la cual se les comercializa en la cual se distinguen cuatro "CATEGORIAS", o clases, "Estandar"; "comerciales", "abiertos" y "exclu-

sivos" o, con base en su aplicabilidad o uso en la conformación de productos terminados como carrocerías, refrigeradores, muebles etc.

En nuestro país, con el propósito de evitar confusiones se formuló una Norma Oficial Mexicana en la cual queda establecido un método de clasificación de perfiles extruidos con base en la forma o geometría de su sección transversal.

Esta norma es la Nom-W-44 que está vigente desde 1974, y en ella se dan todas las definiciones pertinentes a cada clase, subclase, tipo y subtipo considerado dentro del método.

Por ser un documento muy extenso aquí solamente hare referencia a su número de identificación y en las "Referencias-Bibliográficas", se anotan todos sus demás datos en realidad este método no se aparta de la clasificación tradicional sino que solamente la "refina" y, por primera vez define cada término incluyendo los tres básicos, cuyas definiciones textualmente doy a continuación.

i. Perfil extruido sólido.

Perfil extruido sólido, es el producto Extruido en caliente de Aluminio y sus Aleaciones, cuya sección transversal es asignada por diseño, en cuya sección transversal se combinan los elementos geométricos convenientes, dispuestos simétrica o asimétricamente y en forma tal, que las características particulares del conjunto de elementos geométricos que constituyen la sección transversal no sean en ningún caso, las mismas que las definidas y descritas para las clases "BARRA EXTRUIDA" y tubo "EXTRUIDO", en todas sus subclases; ni las definidas ni descritas de aquí en adelante para las subclases "Perfil extruido Semihueco y Perfil Extruido Hueco" en todos sus tipos.

ii. Perfil extruido semihueco.

Es el producto Extruido en Caliente de Aluminio y sus aleaciones, cuya sección transversal es asignada por diseño en cuya sección transversal se combinan elementos geométricos convenientes, dispuestos simétrica o asimétricamente y en forma tal que rodean uno o más espacios vacíos sin que ninguno de tales espacios vacíos quede totalmente rodeado y guardando una relación entre el área del o de los espacios vacíos y el cuadrado de la dimensión de la abertura correspondiente.

iii. Perfil extruido hueco.

Es el producto Extruido en Caliente de Aluminio y sus aleaciones cuya sección transversal es asignada por diseño; en cuya sección transversal se combinan elementos geométricos convenientes, dispuestos simétrica o asimétricamente y de forma tal que totalmente rodean uno o más espacios vacíos cuya disposición dentro del conjunto de elementos forma la sección transversal.

d.- Limitaciones técnicas del proceso.

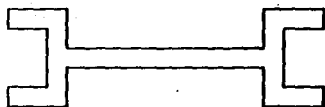
Como sucede en todos los procesos industriales, el proceso de extrusión en caliente también tiene límites tanto en el tamaño mínimo como en el tamaño máximo de sección que es capaz de producir. Tales limitaciones dependen de factores que asocian tanto a los tamaños de lingotes disponibles, como al o a los equipos y máquinas que se requieren para producir los perfiles, su enderazado y su tratamiento térmico.

En la práctica mundial, los factores que determinan los límites son, principalmente, las propiedades mecánicas de las aleaciones, la capacidad de "VACIADO" o "COLADO", de los lingotes y las características de las prensas de extrusión.

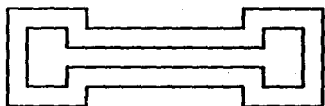
En varios países industrializados existen prensas que pueden generar presiones tales que se pueden producir perfiles con sección de hasta 80.0cm x 10.0cm, con espesores de pared de 1.0cm y con varias hoquedades pero esto significa que también se dispone de equipos para fundición y vaciado de lingotes cilíndricos de hasta 90.0cm. de diámetro.

Por lo general, los perfiles que deben fabricarse por extrusión caliente tienen secciones apreciablemente menores que rara vez tienen su medida mayor en treinta o más centímetros y espesor de pared mayor de 5 o 6mm. En nuestro país, a la fecha, la medida más grande para cualquier perfil no debe exceder de 203.0mm. y solo pueden fabricar las empresas que poseen presas de esa capacidad. La mayor parte de las prensas que están actualmente en operación tiene capacidad para perfiles cuya medida mayor no exceda de 152mm.

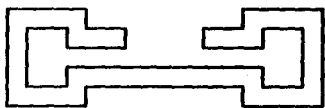
Una extensa exposición de todas y cada una de las limitaciones de los procesos de extrusión caliente requeriría mucho más espacio que el disponible para los propósitos de esta tesis, por ello, a continuación expongo los factores limitantes que como mínimo deben tomarse en cuenta para el diseño, selección y especificación de perfiles extruidos.



SOLIDO



HUECO



SEMIHUECO

iii. Perfil extruido hueco.

Es el producto Extruido en Caliente de Aluminio y sus aleaciones cuya sección transversal es asignada por diseño; en cuya sección transversal se combinan elementos geométricos convenientes, dispuestos simétrica o asimétricamente y de forma tal que totalmente rodean uno o más espacios vacíos cuya disposición dentro del conjunto de elementos forma la sección transversal.

d.- Limitaciones técnicas del proceso.

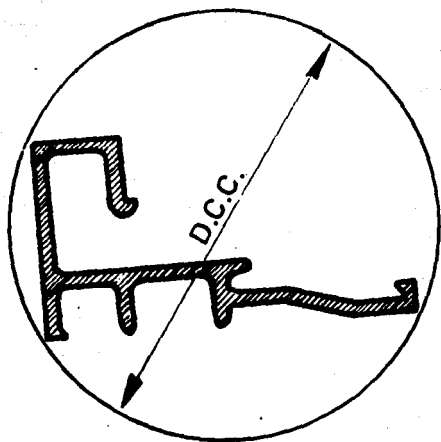
Como sucede en todos los procesos industriales, el proceso de extrusión en caliente también tiene límites tanto en el tamaño mínimo como en el tamaño máximo de sección que es capaz de producir. Tales limitaciones dependen de factores que asocian tanto a los tamaños de lingotes disponibles, como al o a los equipos y máquinas que se requieren para producir los perfiles, su enderezado y su tratamiento térmico.

En la práctica mundial, los factores que determinan los límites son, principalmente, las propiedades mecánicas de las aleaciones, la capacidad de "VACIADO" o "COLADO", de los lingotes y las características de las prensas de extrusión.

En varios países industrializados existen prensas que pueden generar presiones tales que se pueden producir perfiles con sección de hasta 80.0cm x 10.0cm, con espesores de pared de 1.0cm y con varias hoquedades pero esto significa que también se dispone de equipos para fundición y vaciado de lingotes cilíndricos de hasta 90.0cm, de diámetro.

Por lo general, los perfiles que deben fabricarse por extrusión caliente tienen secciones apreciablemente menores que rara vez tienen su medida mayor en treinta o más centímetros y espesor de pared mayor de 5 o 6mm. En nuestro país, a la fecha, la medida más grande para cualquier perfil no debe exceder de 203.0mm, y solo pueden fabricar las empresas que poseen prensas de esa capacidad. La mayor parte de las prensas que están actualmente en operación tiene capacidad para perfiles cuya medida mayor no exceda de 152mm.

Una extensa exposición de todas y cada una de las limitaciones de los procesos de extrusión caliente requeriría mucho más espacio que el disponible para los propósitos de esta tesis, por ello, a continuación expongo los factores limitantes que como mínimo deben tomarse en cuenta para el diseño, selección y especificación de perfiles extruidos.



DIAMETRO DEL CIRCULO CIRCUNSCRITO

i. Diámetro del círculo circunscrito d.c.c.

El tamaño extruible de una sección cualquiera se determina por el diámetro de la circunferencia que circunscribe totalmente la sección transversal, del perfil requerido. A ese diámetro se le denomina **DIAMETRO DEL CIRCULO CIRCUNSCRITO**, y se le designa por brevedad con sus iniciales es decir, **D.C.C.**

La mayor parte de los perfiles extruidos a la fecha tiene un **D.C.C.**, cercano a 15cm, (6 pulgadas), aunque hay prensas que extruyen perfiles con un **D.C.C.**, de 91cm, (36 pulgadas), o más.

El metal tiende a fluir más lentamente, a medida que la distancia, el centro de la matriz aumenta. Así también mientras más grande es el **D.C.C.**, de una sección será mayor el control que se necesita para mantener su forma, medidas y tolerancias.

Considerando que hay un límite menor y mayor para que los perfiles puedan ser extruibles, según la prensa de forma y tamaño que se tenga en las extrusoras las prensas y matrices de las extrusoras son las que determinan el diámetro del círculo circunscrito **D.C.C.**. Tomando en cuenta los espesores de paredes y el "factor" correspondiente del perfil.

ii. Factor.

El costo básico de un perfil depende de la aleación, temple, tamaño, peso por unidad de longitud y su relativa facilidad o dificultad para extruirse. Se puede suponer como regla general que, el costo por unidad de peso de un perfil extruido aumenta con el grado de resistencia a la tensión de la aleación que está hecha, y decrece cuando aumenta el peso por unidad de longitud.

Con el objeto de saber el grado de dificultad de fabricación de una sección extruida además de calcular su costo por unidad de peso, se considera el factor.

El factor se calcula aplicando una fórmula empírica desarrollada de acuerdo con las experiencias en los laboratorios metalúrgicos dedicados a la investigación de las propiedades del aluminio y sus aleaciones.

Con las fórmulas siguientes:

$$\text{FACTOR } F = K \frac{P}{W}$$

En que k es una constante y es igual a 0.586, por lo que tenemos:

$$F = 0.586 \frac{P}{W}$$

En que P = perímetro de la sección transversal en centímetros.

W = Peso del perfil en kg. por metro. Así también para el sistema inglés se tiene.

$$\text{FACTOR } F = \frac{S}{L}$$

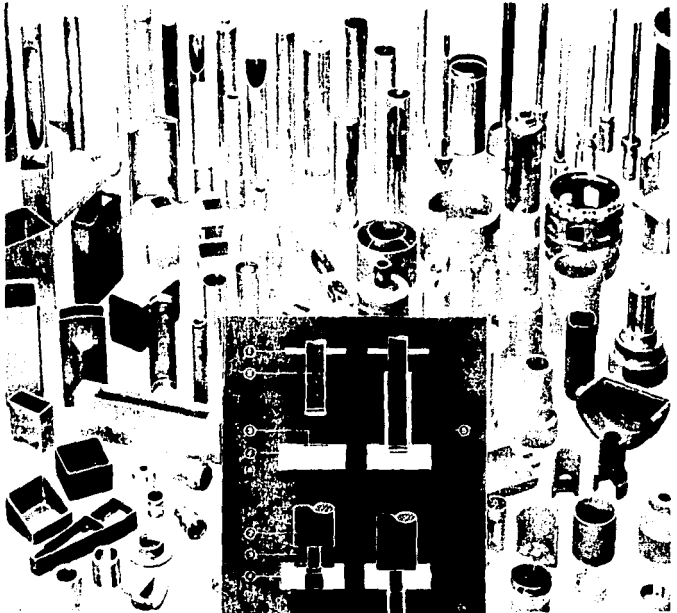
Donde S = perímetro de la sección transversal en pulgadas.

L = Peso del perfil en libras por pie o también se puede usar la siguiente:

$$\text{FACTOR } = \frac{S}{1.24}$$

En donde S = perímetro de la sección en pulgadas.

A = Area de la sección transversal en pulgadas cuadradas.



**DIAGRAMA TIPICO DE
EXTRUSION EN FRIO**

- 1.- BOTADOR
- 2.- PUNZON
- 3.- COSPEL (MATERIAL DE
APORTE)
- 4.- MATRIZ
- 5.- EXTRUSION POR IMPACTO
(PRODUCTO)

e. Extrusión en frío por impacto.

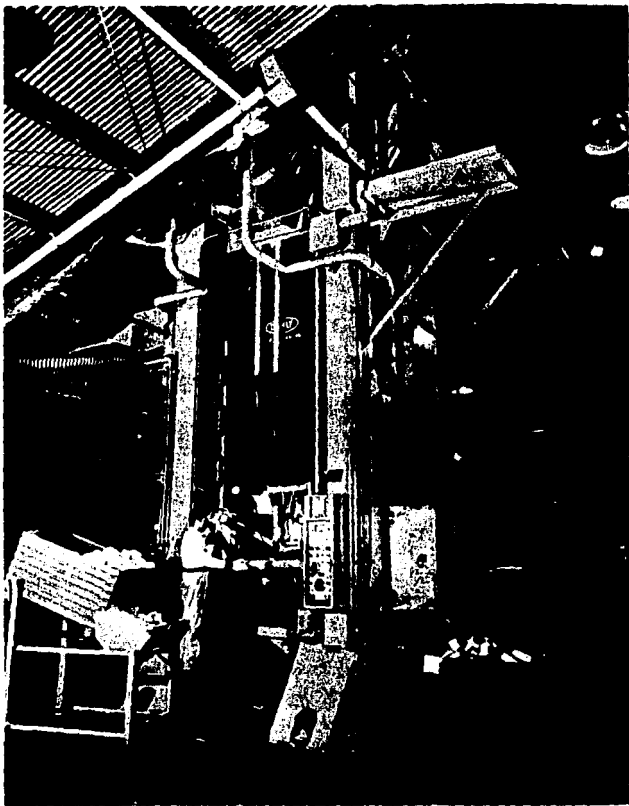
Se le conoce también por los nombres de "extrusión de impacto" y "forjado de impacto", este proceso de impactado es una combinación de extrusión y de forja. Una pieza de metal de forma de disco llamada o denominada "cospel" que es la pieza de aporte es colocada en una matriz o "dado" y seguidamente esa pieza es golpeada por un punzón; una parte del metal del disco queda forjada para formar una base o fondo una brida o un "mamelón" y el resto de la pieza metálica es extruida hacia arriba, hacia abajo o hacia los lados de la base o fondo forjado.

El proceso de impactado representa un método de bajo costo y de alta velocidad para hacer "cascarones", o "cascos", cuya relación de longitud o diámetro puede ser grande. Empleando matrices y punzones de diversas formas se puede hacer una gran variedad de piezas cuya sección transversal pueden ser rectangulares, ovaladas o redondas circulares; en este proceso se pueden controlar y cambiar los espesores de pared de tal manera que es posible incorporarles "costillas", para proporcionar una mayor rigidez.

Los productos hechos por impactado más conocidos y populares son los tubos colapsables en los que se emban otros productos como por ejemplo, pastas de dientes, cremas cosméticas, pomadas etc. De estos tubos una porción muy grande se hace de aleación de aluminio pero también en aluminio se pueden hacer cascos semisólidos y rígidos para aplicaciones tan diversas como protectores o blindajes para componentes electrónicos y carcasas para lámparas de mano.

El Aluminio puede ser impactado tanto en prensas mecánicas como hidráulicas siempre y cuando tenga la suficiente precisión de movimiento y presión. Las prensas mecánicas, que son las de uso más generalizado, pueden ser de transmisión de alta velocidad o de las conocidas como "de rotulas", y tanto pueden ser de acción horizontal como de acción vertical refiriéndose estas características a la posición en la cual se avanza y se retrae el punzón. La resistencia mecánica que las piezas producidas por impactado adquieren obedece a que la deformación por trabajado mecánico es muy grande al ser procesadas así.

Debido a que la velocidad de deformación de la pieza es alta el diseño del punzón y de la matriz así como la aleación de los componentes de la prensa y la lubricación son condiciones críticas. El material de aporte, es decir los cospeles, se hacen perforando por troquelado placas de laminación o también vaciandolas en estado de fusión o cortandolas de barras extruidas. Pueden ser totalmente planas o ligeramente "abombadas"; pueden ser también totalmente macizas o perforadas según el producto para el cual se les destine.



PRENZA DE FORJA

Las piezas impactadas de aluminio, casi siempre van procesadas en frío, por lo tanto para asegurarse de su "trabajabilidad", y "uniformidad los cospeles, sean de la aleación que sean, se manejan en un estado totalmente recocido. (temple 0).

Cuando el diseño de la pieza que se pretende impactar tiene características complejas de su sección o debe hacerse a partir de aleaciones duras, los cospeles a veces se precalientan a una temperatura no mayor de la necesaria para que se le imparta la "trabajabilidad" requerida es decir temperaturas que normalmente están abajo de la cristalización.

La elección de la aleación que debe ser empleada para cada caso depende de las restrictivas de la deformabilidad y otras análogas, como presión en servicio, a las que va a quedar sujeto el producto terminado; por ejemplo, los productos colapsables deben retener una ductilidad máxima sin quebrarse o fracturarse por deformación repetida por ello, usualmente se les manufactura en aleación 1170 que tiene un contenido de aluminio puro en el orden del 99.7%.

El empleo de metal de pureza comercial también minimiza el desgaste del herramental durante el proceso pues imparte además una buena resistencia del producto a la corrosión.

f. Forja.

La producción de piezas forjadas en aluminio se inicia generalmente con material de aporte de alguna aleación para procesamiento mecánico que puede ser en forma de barras roladas o barras extruidas o partiendo de placas; sin embargo si la pieza requerida es de gran tamaño el material de aporte puede producirse partiendo por algún medio, un lingote en una prensa o martinete para forja.

El equipo que se necesita para forjar piezas de aluminio es de características y diseño similar al que se usa para forjar otros metales es decir prensas de martinete, prensas mecánicas, prensas hidráulicas etc.

Los martinetes para forja con capacidades de entre un cuarto de tonelada a 25 toneladas son las que se usan para la producción de forjas más simples con peso propio desde 50 gramos a 100 kg. Las prensas mecánicas de acción rápida de 350 a 5000 ton. de capacidad son las preferidas para las piezas más complejas con mayores requerimientos de precisión debido a que se puede ajustar y variar la fuerza del golpe del martillo lo mismo que la velocidad y a veces, inclusive la presión unitaria; estas mismas prensas son las más apropiadas para trabajar con aleaciones de alta resistencia mecánica tales como la 7075 y 7079.

Como en el caso de las prensas el equipo auxiliar para la forja de piezas de aluminio es similar al empleado para la forja de otros metales es decir, se necesitan hornos para calentar el metal de aporte que puedan generar temperaturas desde 300 a 500 grados centígrados, y que tengan controles térmicos para poder regular las temperaturas dentro de intervalos muy angostos.

Las aleaciones de aluminio más usadas para forja son la 1100 la 2014, 2024, 6061, 7075 y 7079. Para componentes forjados que deban retener buenas propiedades mecánicas a temperaturas elevadas se prefieren la 2024, 2218 y la 4032. Para forjas apropiadas para soldar se emplean las aleaciones 1100, 5083, 5056 y 6061. Como ejemplo típicos de productos elaborados por forja citaré aquí solo unos cuantos entre estos están componentes estructurales para alas y trenes de aterrizaje de aviones "rines"; para ruedas de camiones pesados; pistones para motores Diesel tanto como para camiones pesados como para embarcaciones marinas y componentes muy reforzados para máquinas textiles y otros accesorios tales como bases para enjuelos también conocidas "Balonas". Por lo expuesto el proceso es costoso ya que su elaboración es muy complicada y meticulosa en cuanto a su preparación en general.

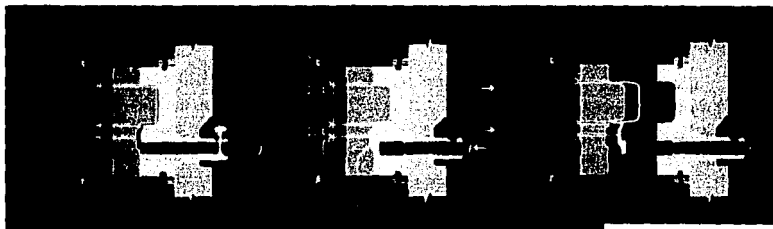
3. Fundición.

Es uno de los procesos más antiguos del mundo para formar piezas metálicas consiste en fundir un metal a una temperatura dada para que este fluya y se transforme en un líquido viscoso que se "vacía" en moldes para que tome la forma que se requiere.

El lingote para fundición que es vendido a los industriales para su transformación debe ser vaciado necesariamente en piezas de tamaño y peso fácilmente manejable, tanto para facilitar su transporte como para su manejo en los hornos de refusión.

Estos lingotes se forman vaciando el metal fundido en moldes, los cuales están sujetos a veces a una banda transportadora que avanza mientras el aluminio se solidifica; al otro extremo, el lingote es extraído del molde.

Los procesos más importantes para el formado de piezas de aleaciones para fundición son, comercialmente hablando, el de fundición a presión; el de "molde permanente" y el de vaciado o "colado" en arena.



FUNDICION A PRESION EN CAMARA FRIA

- A.- MATRIZ CERRADA Y METAL FUNDIDO VACIADO POR CUCHARON A LA CAMARA DE INYECCION
- B.- EL EMBOLO DE INYECCION HA FORZADO EL METAL DENTRO DE LAS CAVIDADES DE LA MATRIZ
- C.- SE ABRE LA MATRIZ Y SE BOTA LA FUNDICION

- 1.- BASE DESLIZABLE
- 2.- PERNOS BOTADORES
- 3.- MITAD EYECTORA DE LA MATRIZ
- 4.- MITAD CUBRIDORA DE LA MATRIZ
- 5.- BASE FIJA
- 6.- CILINDRO DE INYECCION
- 7.- PUNZON DE INYECCION, HIDRAULICO
- 8.- CAMISA DE DESLIZAMIENTO
- 9.- COMPUERTA
- 10.- FUNDICION (PRODUCTO)

Las piezas producidas por fundición a presión y las de "molde permanente" son, por sí solas, las que representan el mayor monto de la facturación en el mercado de las fundiciones, es decir representan un 80% de todas las entregas de piezas fundidas.

a.- Fundición a presión.

Este método es el que con mayor rapidez y control dimensional puede producir piezas fundidas.

Se pueden alcanzar "tiros" de 400-1000 piezas por hora con facilidad, particularmente cuando las piezas son de tamaño reducido que sea posible vaciar en moldes o matrices con cavidades múltiples.

Cuando se trata de producir piezas de mayor tamaño de hasta unos 13kg, con moldes o matrices de una sola cavidad se pueden lograr volúmenes de unas 30 piezas por hora, en promedio.

Los tamaños de piezas logrables por este proceso van desde unos cuantos gramos hasta más de 40 kg.

Las piezas fabricadas a presión se vacían en máquinas denominadas "de cámara fría". Estas máquinas son las preferidas en la industria de fundiciones de aluminio debido a que el cilindro alimentador está fuera de la cámara de fusión, en las partes y componentes de acero de las máquinas.

El ciclo de fundición consiste en lubricar el molde o matriz y el anillo de cierre que controla las operaciones de abrir y cerrar el molde y el bombeo del aluminio en estado de fusión al interior del anillo de cierre y a la cavidad o cavidades del molde por medio del embolo hidroneumático de la máquina, manteniendo la presión durante el tiempo necesario para que el aluminio se solidifique, en cuyo momento se abre el molde y la pieza es desmoldada por medio de un "botador".

b.- Fundición en molde permanente.

Tanto los moldes como los "corazones" para fundición en molde permanente, se manufacturan, por lo general, de hierro o fierro colado de alta temperatura y con alta resistencia, que tenga pequeñas cantidades de cromo (Cr); níquel (N), y molibdeno (Mo).

Los corazones de tamaño en molde semipermanente, se emplean corazones de arena; de yeso fraguado con bioxido de carbono (CO₂) y los llamados "de cascaron".

Las fundiciones en molde permanente tienden a tener una estructura menos porosa y de "grano" más fino además de exhibir mejores propiedades mecánicas que otros productos fundidos por otros métodos exceptuando aquellos que se denominan "de primera calidad".

Tales fundiciones las de "alta calidad" no tienen poros de gas atrapado como los que presentan frecuentemente las fundiciones hechas a presión por lo cual son particularmente apropiadas para recipientes a prueba de fugas de presión.

Las fundiciones de molde permanente pueden llegar a pesar hasta 100kg. pero, por lo general promedian unos 10 kg.

Productos típicos de fundición en molde permanente y aleaciones usadas.

Carcasas de carburadores, placas de wafieras	AA 443.0
Componentes de alta resistencia para aviones y cohetes; rotores impelentes, engranes de distribución y compresores.	AA 355.0 C 355.0
Partes para máquinas/berramientas; ruedas para trenes de aterrizaje; partes para bombas	AA 356.1 A 356.0
herrajes navales; valvulas.	
Pistones para motores de explosión. interna y motores Diessel; poleas y rodajas.	AA 330.0
Herrajes ornamentales y para Arquitectura.	AA 514.0

Productos típicos de fundición a presión y aleaciones empleadas.

Corazas de cortadores motorizadas para pasto; cajas para engranes; cabezas para motores.	AA 380.0
---	----------

Sartenes; placas para cubiertas; cajas para instrumentos.	AA 360.0
--	----------

Partes para motores fuera de borda tales como pistones; bielas y carcasas.	AA A413.0
---	-----------

Carcasas para arbotantes de alumbrado público; marcos para máquinas de escribir equipos dentales.	AA 413.0
--	----------

Partes para escaleras eléctricas; componentes para transportadores; cerrajerías y herraduras marinas	AA 518.0
---	----------

b.- Vaciado o Colado en Arena.

Las prácticas y equipos para el vaciado en arena de aleaciones de aluminio son similares a las usadas para otros metales. El proceso se caracteriza por su gran versatilidad debido a que solo tiene unas placas limitantes en lo que concierne a corazones en conductos internos.

Virtualmente, no hay límites de peso ni tamaño de piezas manufacturadas por este proceso de vaciado además, de que debido a esa "libertad" es apropiado para cuando se requieren desde una hasta unas pocas piezas iguales o cuando las piezas requieren corazones con detalles intrincados y desde luego, cuando se requieren piezas de gran tamaño o complejidad.

Productos típicos de vaciado en arena:

Conexiones para tubos; utensilios para cocina; piezas ornamentales; accesorios navales.	AA 443.0
--	----------

Accesorios para compresoras; cajas para trenes de engranes.	AA 355.0
	C 358.0

Y muchas partes más.

B. Semielaboración secundaria.

Esencialmente, el conjunto de procesos que se denomina genericamente "semielaboración secundaria" son procesos que tienen como propósito general el de impartir a los productos obtenidos de la semielaboración primaria, ciertas características específicas que les haga más atractivos o más apropiados para las aplicaciones a las que se les destine.

1.- Los Estados Mecánicos de los Productos Semielaborados.

En los procesos de conformación a que se someten las aleaciones de aluminio para su semielaboración, tanto su estructura como sus propiedades físicas cambian. En ciertos procesos de semielaboración tales como laminado en frío, por ejemplo, las deformaciones que se generan en esos productos durante su elaboración, provocan el que sus propiedades mecánicas aumenten en relación directa a la magnitud de dichas deformaciones.

Algunas aleaciones de aluminio pueden aumentar o disminuir sus propiedades mecánicas mediante tratamientos térmicos que a diferencia de los procesos mecánicos, cambian las propiedades químicas y metalúrgicas de la aleación mejorando la estructura molecular y consecuentemente, sus propiedades mecánicas.

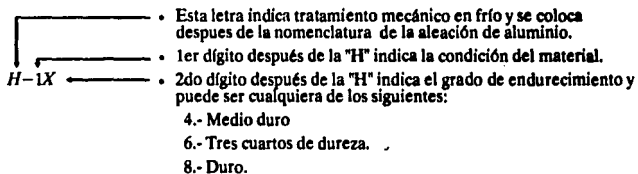
A los procesos mecánicos del producto la costumbre y práctica popular los denomina, si bien impropriamente, "temple" también es frecuente oír que los tratamientos térmicos se les denomine con el mismo término es decir "temple" pero estas denominaciones muy frecuentemente dan pie a errores y confusiones; es por ello que aquí hemos empleado el término genérico de "estados mecánicos" y en relación con los procesos que dependen de la deformación en frío los he denominado "procesos mecánicos" o "tratamientos mecánicos" y a los que dependen de la aplicación de calor controlado los he denominado "tratamientos térmicos".

a. Los Procesos o Tratamientos Mecánicos

Aquí se explica un poco más detalladamente pero en forma resumida, en qué consisten tales tratamientos y como se denominan o se indican los resultados de cambio de propiedades mecánicas que a los productos semielaborados a partir de aleaciones del grupo "no tratables térmicamente". Notese que hablamos del producto semielaborado y no de la aleación, es decir la forma que se ha impartido, partiendo de una aleación no tratable térmicamente es lo que propicia o facilita el trabajado mecánico que provoca el cambio de propiedades.

Esencialmente los cambios de estado mecánico estan orientados a la modificación de la rigidez relativa del producto que se trata, es decir que para indicar los "grados" logrables de rigidez se ha establecido una especie de escala convencional y arbitraria en la que para designar a cada uno de los grados de cambio se emplea una simbología a base de letras y números. Fundamentalmente las letras son mayusculas y son unicamente tres: la letras "O", la letra "F" y la letra "H"; las letras "O" y "F" se emplean por sí solas y la letra "H" siempre va seguida por lo menos por dos digitos de los cuales el primero es decir, el que se escribe despues de la letra "H" separado por un guión corto, es el número uno el; segundo digito se escribe inmediatamente después del "uno" sin separación puede ser cualquiera de los siguientes números 2,4,6 y 8 es decir, las combinaciones de los dos digitos dan como resultado los números 12, 14, 16 y 18. Con objeto de hacer la explicación lo más breve y clara posible la página siguiente contiene un diagrama que ilustra la manera en que se escriben las denominaciones con una breve explicación del efecto de cambio y seguidamente se da una tabla en donde se indican los valores de resistencia a la tensión que tres aleaciones no tratables termicamente van adquiriendo por efecto del grado de procesado en frío.

NOMENCLATURA DE LOS TRATAMIENTOS MECANICOS DE LOS PRODUCTOS CON ALEACIONES NO TRATABLES TERMICAMENTE



Conforme lo anterior tomando una aleación cualquiera del grupo "no tratables termicamente" y un producto semielaborado digamos lámina lisa plana que se específico como sigue:

"Lamina lisa plana, aleación Nom-3003, temple H-14" esto se interpreta como se trata de una lámina lisa plana de la cual se dan las medidas que se requieren, que usualmente son, por lo menos el espesor en mm, el ancho en mm y la longitud también en mm, semielaborada a partir de aleación, según norma oficial Mexicana 3003, con un tratamiento mecánico H-14.

NOMENCLATURA DE ESTADOS MECANICOS DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS CON ALEACIONES TRATABLES TERMICAMENTE

T - X X

- Esta letra indica, que estado mecánico del producto es por tratamiento térmico, y se coloca después de la nomenclatura de la aleación del aluminio
- Este número indica el tratamiento térmico específico, en algunos casos lleva también tratamiento mecánico en frío, lo cual se designa con un segundo dígito como se indica a continuación:
 - 4 • Enfriamiento rápido después de extruir 6063 y 6363 (Exclusivamente).
 - 5 • Enfriamiento al aire después de extruir y añejado artificial.
 - 6 • Enfriamiento al agua después de extruir y añejado artificial.
 - 8 • Enfriamiento al agua después de extruir y trabajo mecánico en frío antes del añejado artificial.

EFECTO DE TRABAJO MECANICO EN FRIJO EN EL PUNTO DE RUPTURA Ft _u .							
	H12	H14		H16		H18	
ALEACION		Ft _u (Kg/cm ²)	%	Ft _u (Kg/cm ²)	%	Ft _u (Kg/cm ²)	%
1100	984.2	1,124.8	87.50	-	-	-	-
3003	1,195.1	1,406.0	85.00	1,687.2	83.33	1,896.1	88.88
5005	1,265.0	1476.3	85.68	1,687.2	87.5	-	-

ESTOS VALORES SON MINIMOS GARANTIZABLES
FUENTE: *Aluminium Construction Manual Section Nº1*
Specification for Aluminium Structures - The Aluminium Association

b. Tratamiento térmico.

Consiste básicamente en la aplicación de calor para modificar las propiedades mecánicas de productos semielaborados a partir de alguna aleación del grupo "tratables térmicamente". Por lo general los tratamientos térmicos se aplican a productos semielaborados por extrusión caliente, a ciertos productos fundidos y a productos de forja para que las propiedades mecánicas del metal alcancen valores específicos. En la práctica, la aplicación de calor controlado se da en algunos casos en el proceso mismo de semielaboración del producto, como en el caso de los productos de extrusión tras de lo cual y según las propiedades que se desea

impartirle puede ser necesario hacer pasar al producto por algún otro proceso o procesos subsecuentes que pueden ser tanto naturales, como lo es el enfriamiento paulatino al aire ambiente o artificial como en el caso del enfriamiento súbito por inmersión en agua fría.

Para designar a cada uno de los cambios se emplea una simbología a base de una letra y números; es la letra "T" mayúscula separada por un guión corto, seguido por uno o más dígitos que especifican los diferentes procesos de tratamiento.

En la tabla siguiente se ilustra los efectos de cambio de los tratamientos térmicos.

EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS, PROPIEDADES A TENSION								
ALEACION	ESTADOS MECANICOS							
	TIPICAS		GARANTIZABLES					
	O		T4		T5		T6	
	F _{tu} (Kg/cm ²)	F _{ty} (Kg/cm ²)	F _{tu} (Kg/cm ²)	F _{ty} (Kg/cm ²)	F _{tu} (Kg/cm ²)	F _{ty} (Kg/cm ²)	F _{tu} (Kg/cm ²)	F _{ty} (Kg/cm ²)
6061	1265.4	562.4	2460.5	1476.3	-	-	3183.5	2801.1
6063	913.9	492.1	-	-	1546.6	1124.8	2100.0	1757.5
6351	-	-	-	-	2671.4	2480.5	-	-
F _{tu} = Esfuerzo a ruptura; F _{ty} = Esfuerzo a fluencia Los valores no indicados se deben a que esos tratamientos térmicos no se aplican en las aleaciones correspondientes.								

El asunto referido a este capítulo es en realidad mucho muy extenso y complejo, aquí solamente se trata de dar una idea abreviada de lo que significa para efectos prácticos de diseño. Para aquellas personas que pudieran requerir información completa sobre estos procesos se les sugiere recurrir a los manuales informativos técnicos que han publicado organizaciones como *THE ALUMINIUM ASOCIATION* ó *EL INSTITUTO MEXICANO DEL ALUMINIO*.

2.- Procesos para productos de laminación.

Los productos semielaborados por laminación, es decir placas y laminas son los que con más frecuencia se someten a procesos de semielaboración secundaria y la mayoría de esos procesos sirven para cambiar la apariencia superficial ya sea para propósitos funcionales o para propósitos decorativos, casi todos estos procesos son variantes del proceso de laminación propiamente dicho, es decir están basados en la aplicación de presiones a base de rodillos que

en vez de ser lisos van grabados o tienen protuberancias de alguna clase o alguna forma por medio de las cuales al hacer pasar entre dos de estos rodillos el producto liso y plano por medio de la presión dejan impresas las huellas de los grabados o protuberancias ya sea en una o en ambas superficies lisas y planas; de esta manera se manufacturan placas para pisos con superficies antiderrapantes; láminas texturizadas en varios y diversos patrones que pueden ser listada, cuadrículada con apariencia "amartillada" etc.

Otro proceso de semielaboración secundaria para las láminas es el proceso de corrugación que se hace a partir de las láminas planas y que al pasarse por un par de rodillos maquinados con la forma de las ondulaciones adquieren por presión su forma corrugada. Otras formas de semielaboración secundaria para productos laminados es el cortado de formas geométricas especiales tales como discos o círculos que faciliten procesos posteriores de fabricación tales como el rechazado y el embutido, de toda esta gama de productos de semielaboración secundaria.

Los que más frecuentemente se aplican en problemas de construcción son desde luego las láminas corrugadas para techos y recubrimientos industriales y en problemas arquitectónicos las láminas texturizadas; también el troquelado de hoja es muy útil para el diseño arquitectónico de puertas, división de paneles de pared y otros tipos de estructuras y aplicaciones decorativas que son fabricados en variedades de troqueles.

3.- Procesos para productos de extrusión.

A diferencia del caso de los productos de laminación, los procesos de semielaboración secundaria son muy pocos y aún, para poder visualizarlos mejor, es posible separarlos en dos grupos.

Estos dos grupos pueden ser, en primer lugar, los que modifican las secciones transversales de ciertos productos o que modifican la forma o configuración por proceso mecánicos como son el "Estirado" o "Trefilado" y el conformado de sifones para riego agrícola.

En los productos de semielaboración secundaria comprendidos arbitrariamente dentro del primer grupo son específicamente el enderezado/nivelado por tensión el cual quedó descrito con más amplitud en el capítulo anterior de extrusión en caliente y los tratamientos térmicos correspondientes a la denominación "T" es decir T42, T5 etc. que igualmente explicamos en los capítulos de los estados mecánicos.

4.- Procesos para productos de fundición

Los procesos de semielaboración secundaria para fundiciones, son los tratamientos que se aplican a productos obtenidos por procesos de semielaboración primaria. Estos procesos conforman un conjunto muy vasto y diverso cuya exposición completa requeriría ser hecha en un trabajo separado por ello y por conveniencia practica el tema se expone aquí a manera de síntesis.

Estos tratamientos se pueden dividir en dos grupos; uno de estos es el de los procesos que sirven para impartir a los productos de fundición diversos estados mecánicos por tratamientos térmicos de tipo "T" que se expusieron en el capítulo anterior y, el otro grupo es, el de los procesos que sirven para modificar ligeramente o mejorar o preparar la superficie del producto fundido para que pueda más fácilmente ser sometidos a múltiples operaciones que el fabricante último puede impartirle la forma y acabado final que permita su uso por el consumidor.

De entre la enorme variedad de procesos en este grupo sólo menciono unos cuantos a manera de ejemplos típicos; el "rebabiado" que sirve para quitar exedentes metálicos usuales en las fundiciones y que puede ser ejecutado por medios que van desde la mano hasta máquinas y dispositivos complejos; el "cardado" que sirve para quitar defectos superficiales, escorias etc. que se ejecuta empleando "cepillos" con cerdas metálicas que pueden ser manuales o empelidos por máquinas y, por último, el "chorro de areana" o "sand-blast" que se aplica con equipo especial para el mismo propósito pero que genera superficies más finas y tersas

CAPITULO VI

ACABADOS SUPERFICIALES - PROCESOS Y PRODUCTOS

VI. ACABADOS SUPERFICIALES - PROCESOS Y PRODUCTOS.

Anodizado es un término general que se usa para designar el proceso de convertir la superficie de metal de aluminio en óxido de aluminio. El aluminio se oxida naturalmente al contacto con el aire, pero esta condición da por resultado una capa muy delgada e irregular. El anodizado bajo condiciones cuidadosamente controladas puede producir una capa uniforme de óxido que es de 200 a 500 veces más gruesa que la capa natural de óxido.

El anodizado controlado genera una capa atractiva que protege al aluminio del medio ambiente. Es una capa que tiene una duración probada bastante extensa que resiste algunos rayones, abrasión y corrosión que producen los medios en las regiones marinas y en las industriales. Tampoco lo afectan los rayos ultravioleta del sol. El anodizado es un excelente acabado para productos de aluminio arquitectónico.

El proceso de anodizado consiste en que el metal debe ser limpiado con una sustancia disolvente para remover el aceite y los depósitos orgánicos. Después, el aluminio es sumergido en una solución de sosa cáustica, este proceso remueve una pequeña capa del material de la superficie del aluminio, eliminando pequeñas imperfecciones y reduciendo el brillo natural que tiene el metal. El sumergir el metal en esa solución no brinda una protección pero sí deja al aluminio limpio y listo para que se pueda anodizar lavándolo con agua previamente para quitarle los residuos de sosa que el material puede tener.

Por último el aluminio es sumergido en un electrolito, una corriente eléctrica es pasada por la solución lo cual provoca esto que el agua se desconponga en hidrógeno y oxígeno. El oxígeno se combina con el aluminio para producir una capa de óxido es decir que el oxígeno es anódico al cátodo constituido por el aluminio y de ahí se deriva el término "anodizado".

Finalmente, el acabado debe de estar "sellado".

Este procedimiento cierra los poros producidos en el proceso de anodizado. Este paso es extremadamente importante, porque al cerrar los poros se impide la introducción de materiales ajenos al metal base, que pueden causar corrosión o manchas o ambas.

A.- Color depositado electrolíticamente

En años recientes, se ha desarrollado un procedimiento para impartir colores a las capas anódicas aplicables a productos de aluminio para componentes arquitectónicos.

Este acabado electrolítico "de dos pasos", se produce sumergiendo el material en el mismo electrolito que en el anodizado natural con las mismas características de la capa anódica la cual una vez producida y antes de ser "sellada" tiene una enorme cantidad de espacios submicroscópicos que se denominan "poros" en los cuales es posible electrodepositar sales metálicas que se conocen genéricamente como pigmentos que son los que le imparten la coloración que se desea obtener, desde luego una vez completando el paso de coloración o pigmentación la capa anódica debe ser sellada en la producción de las capas anódicas con color algunas variaciones del tono son inevitables debido a los cambios que ocurren durante un mismo día, como lo son el medio ambiente, la temperatura, la humedad etc...

B.- Tinte orgánico

El color también puede ser obtenido por medio de tintes orgánicos. Este es un simple proceso en el cual un tinte orgánico es depositado en los poros antes de que se selle la capa anódica.

Son varios los problemas que pueden ocurrir cuando se usan los tintes para dar color, por ejemplo, dado que el color es de origen orgánicos, pueden ser modificados cuando se exponen a los rayos ultravioleta del sol, el color no se modifica de manera uniforme debido a que cada lado de los edificios esta expuesto en forma diferente.

Adicionalmente el color se encuentra cerca de la superficie de la capa de acabado haciéndolo más susceptible a la abrasión y al medio ambiente. Este proceso es apropiado para bisutería de color o en usos de artículos para el hogar pero aun no se ha desarrollado un método efectivo para el uso de este acabado en el aluminio para componentes arquitectónicos, en donde la retención de color a largo tiempo y su durabilidad son necesarios.

C.- Acabado por medio de pintura

En años recientes se ha manifestado un incremento en el uso de acabados por medio de pinturas en la industria del aluminio para componentes arquitectónicos. Las razones de incremento en este campo son múltiples, pero la razón principal es la cantidad de colores que se tienen a la disposición.

Sin lugar a dudas, el anodizado sigue siendo el acabado más especificado para usos arquitectónicos en el aluminio, pero las mejores sustancias que se han obtenido en las técnicas

de pintado en los últimos 20 años han permitido lograr una durabilidad satisfactoria, aún en entornos agresivos.

D.- Fluoropolímeros

La capa de fluoropolímeros contiene por lo menos un 70% de su peso en Fluoruro de polivinileno. Esta resina es un fluorocarbón polimérico que se dispersa en la pintura fresca y consiste en una base de partículas de esta resina que están suspendidas en un disolvente orgánico.

Cuando la pintura es horneada, las partículas de resina, que se parecen a una madeja de fideo se dispersan, y cuando la pintura se saca del horno sigue estando fresca, pero cuando se enfría forma una capa continua y físicamente hermética que funciona como un buen acabado.

Las pinturas fluoropolímeras son extremadamente durables y resistentes debido a esta resina que es químicamente inerte. Se deben agregar algunas modificaciones para dar al fluoropolímero las propiedades de adhesión que se requieran. La formulación basada en 70% de esta resina a resultado ser la mezcla óptima para las características de adhesión requerida y resistencia al clima que se desee.

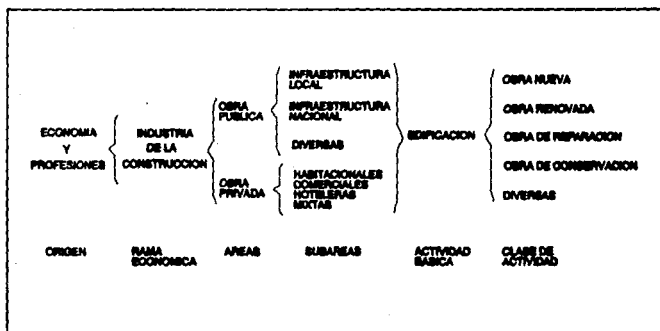
CAPITULO VII

**AREAS DE APLICABILIDAD POTENCIAL DE
PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE ALUMINIO
DENTRO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION**

VII AREAS DE APLICABILIDAD POTENCIAL DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE ALUMINIO DENTRO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Al iniciar el estudio de este tema apareció el hecho de que para poder hablar de las "Áreas de aplicabilidad potencial" es necesario ubicarlas dentro del conjunto total, elaborando un esquema gráfico que ilustre de manera clara, simple y breve tanto dichas áreas, como las actividades que abarcan y el modo de vinculación entre ellas, con lo cual expongo mi personal concepto de esta rama de la economía que denominamos "Industria de la Construcción".

Desde luego, el esquema que se ilustra más adelante es de carácter *propositivo y se basa en una aproximación analítica de causa y efecto y se limita a exponerlos sin intentar su definición lo cual excedería los límites de esta tesis.



En la cual considero que hay dos formas de aplicabilidad de los productos semielaborados, que son la aplicabilidad potencial y la aplicabilidad real.

La aplicabilidad potencial es la probabilidad de que dentro de algunas áreas particulares se encuentre que por medio del empleo de productos específicos (que en este caso quedan comprendidos dentro de los semielaborados de aluminio) puedan ser satisfechas ciertas necesidades existentes, la aplicabilidad real es ya no solamente la probabilidad sino la posibilidad concreta de ejecutar la aplicación de productos semielaborados de aluminio, para resolver en cualquier área problemas y necesidades específicas y características.

Con base en lo anterior resulta menos difícil identificar las áreas tanto de aplicabilidad potencial como las de aplicabilidad real de los productos semielaborados de aluminio.

Desde luego esta rama de la economía que en el esquema está denominado "Industria de la Construcción" está concebida aquí como un conjunto muy grande de actividades de diversa índole que se apoya técnica y fundamentalmente en las aportaciones de varias disciplinas profesionales pero de manera principal en la ingeniería y la arquitectura.

Examinando el esquema propuesto, se ve claramente que el número de áreas que en principio pueden considerarse como integradoras de la "Industria de la Construcción" está limitada a las áreas denominadas "Obras Públicas" y "Obras Privadas".

En la primera de estas dos grandes áreas he considerado incluidas todas aquellas obras que quedan a cargo y control tanto del gobierno federal como de los gobiernos estatales y municipales, que conforman un panorama de actividades siempre orientadas hacia la plena satisfacción de las necesidades del país. Es obvio que intentar siquiera una enumeración parcial sería objeto de un estudio separado por ello, sólo menciono aquí como ejemplo de lo que se desea decir, desde construir edificios relativamente simples como oficinas públicas de entidades de gobierno hasta obras de gran magnitud tales como presas y plantas generadoras de energía.

En la obra privada se consideran incluidas todas aquellas obras que se sirven para que el público en general tanto como los empresarios privados como los inversionistas, puedan satisfacer necesidades básicas o específicas tales como habitación, industria y comercio.

En las subáreas es donde empieza apreciarse la potencialidad para la aplicación de los productos que nos interesan pero, no es si no hasta que se puede clasificar en forma simplificada las actividades que generan ciertas necesidades constructivas que, aún si ha sido posible satisfacerla empleando materiales o productos "tradicionales" presentan la probabilidad de aplicar alguno o algunos de los productos semielaborados de aluminio con propiedades y ventajas que puedan permitir mejoras y adopción de técnicas constructivas que redunden en una duración, operabilidad y utilidad más prolongada y confiable.

Por lo tanto se puede concluir que no son las áreas sino las clases de actividades las que determinan la aplicabilidad potencial para el empleo de productos semielaborados de aluminio.

Tales actividades serían:

la edificación de obra nueva
la edificación de obra renovada y
de manera muy limitada las obras de reparación,
conservación y las que hemos denominado diversas.

Entonces podemos considerar que los productos que mejor satisfacen la potencialidad de aplicación en estas actividades de edificación son los productos de laminación y los de extrusión. Los de laminación son entre otras las laminas que se emplean en techumbres, bodegas, cubrimientos laterales, laminas lisas, laminas onduladas, corrugadas etc.

Las extrusiones son productos en forma de perfiles o según sea la necesidad de clase de actividad se pueden utilizar con más frecuencia en marcos, puertas, en cancelas, barandales, etc.

CONCLUSIONES

En capítulos anteriores se ha mencionado que el aluminio puro necesita de otro u otros elementos para adquirir las propiedades que se pretenden o que se requieran, dándole forma por medio de los procesos del material que son llamados de semielaboración primaria y secundaria; de las formas que se obtienen por los procesos de semielaboración secundaria es donde elegiremos el o los productos apropiados para la manufactura del componente o del artefacto que deseamos lograr.

Solamente es posible lograr aplicaciones técnicamente sólidas si el destino de aplicación del producto coincide con un aprovechamiento eficiente del material.

Para recalcar lo dicho, en el libro "ALUMINIUM IN MODERN ARCHITECTURE" vol II (1956) su autor el Ing Paul Weidlinger dice en el prefacio "*...no hay en realidad materiales inapropiados lo que si hay son aplicaciones inapropiadas...*".

Una vez elegido el producto por aplicar el definir la eficiencia del material debe ser entonces, lo más importante para el que pretende resolver el problema específico.

El Ing. debe aprender a pensar y a trabajar en términos de las propiedades y las características del material que pretende aplicar.

Esto significa que para poder asegurar una elección apropiada del producto o material para el propósito que se persigue es necesario hacerla por pasos. Se requiere entonces, aproximarse al problema de manera lógica y metódica basada en la relación causa efecto de una serie limitada de actividades o puesto de otra manera, se requiere una recopilación simplificada de la información y datos que permitan al ingeniero asumir una razonable seguridad de que la aplicación pretendida del o de los productos semielaborados de aluminio; es en principio, válida y correcta.

En el capítulo V, subcapítulo B de este trabajo, ésta expuesta una descripción abreviada de la variedad de productos que la industria puede ofrecer, para seleccionar de entre ellos el producto que se supone conveniente lo cual significa que en sí, constituye la primera fuente de información (aunque no la única) de donde se obtendrán los primeros datos. Lo cual

conduce, a que las "conclusiones" de este trabajo estén expresadas a manera de "reglas" de los cuales y en su caso, se derivan parámetros pertinentes.

Estas reglas son:

- 1._Conformar una idea primaria de aquello que se desea lograr.
- 2._Conformar un esquema (gráfico o escrito) de la forma visualizada para aquello que se pretende lograr.
- 3._Formular un listado analítico de las limitantes estáticas, mecánicas, ambientales, estéticas, etc. que rigen el funcionamiento de aquello que se pretende fabricar.
- 4._Verificar la disponibilidad de los productos que se planea aplicar dentro del mercado local o el nacional.

Una vez satisfechas todas estas reglas y tomadas las decisiones pertinentes se cubre la última y más importante que es:

5. El diseño.

Se elabora con medidas y especificaciones con todos los detalles convenientes y apropiados. Es necesario aclarar que el detallado final debe ser manejado con la colaboración de profesionales versados en esas técnicas y procesos de fabricación por ello se recomienda auxiliarse de los especialistas del ramo.

El simple enunciado de las dichas reglas es insuficiente para su aplicación práctica. Por ello, a continuación se explica sintéticamente pero claramente las principales consideraciones que deben ser tomadas en cuenta al aplicar cada una de estas "reglas" enunciadas. Así entonces, tenemos:

1. Conformar una idea primaria de aquello que se desea lograr.

En el caso particular del aluminio empezáramos por enterarnos de cuantos productos podríamos utilizar y como los utilizaríamos. Hemos hablado en capítulos anteriores de las características generales de la vasta gama de productos semielaborados que ofrece el mercado por esta razón, es ahí donde está nuestra fuente primaria de información.

El texto introductorio se divide en dos grandes grupos que son: los productos de semielaboración primaria y de semielaboración secundaria. Es remoto que se utilicen productos de semielaboración primaria, por ello los que interesan son los productos de semielaboración secundaria. Es conveniente además, solicitar catálogos de fabricantes y de distribuidores para complementar la información con datos actualizados.

Además de lo expuesto es necesario proponer la cantidad supuesta, es decir cuantas veces debiera repetirse el artefacto o en su caso cuantas variantes del mismo artefacto se supone que hay y cuantas piezas hay en cada variante; que durabilidad se supone que el artefacto debe tener ya sea corta mediana o larga, etc.

No es necesario ampliar la aplicación de esta regla ya que pueden existir muchas más variantes que el profesionista por sus criterios y experiencias tendra que evaluar. Estas decisiones como se ve dan como resultado parámetros propios de cada caso por cuya razón no es posible determinar, en sí, parámetros de aplicabilidad general en la observancia de esta primera regla es decir, quedan sentadas las bases para poder continuar.

2. Conformar un esquema gráfico o escrito de la forma visualizada para aquello que se pretende lograr.

Satisfechos los requisitos de la primera regla dentro de lo posible, van a resultar evidentes varios grupos de cuestiones que en principio podemos clasificar de la manera siguiente:

- Las relativas a la geometría, forma y medidas brutas del objeto o artefacto que se pretende fabricar.

- Las relativas a las características óptimas de costo aproximado y manejabilidad del o de los productos semielaborados que se pretende emplear.

- Las relativas a las formas particulares óptimas para los detalles constructivos tanto como de las técnicas aplicables para la fabricación del artefacto pretendido.

Es fácilmente apreciable que lo anterior no es ni más ni menos que el razonamiento conducente a la estipulación, en lo particular de la regla 3 y 4 y consecuentemente lo que tenemos que atender con más interés al llegar al punto en el cual por efecto del análisis de los resultados de aplicación de las primeras cuatro reglas podamos decidir si es o no necesario la aplicación de la quinta regla, que es el diseño y como ya se a dicho se reitera una vez más como la consecuencia definitoria de todo el procedimiento.

La regla que en este caso nos ocupa o mejor dicho su aplicación expresada en al forma más simple posible, consista entonces en la elaboración de un esbozo --- no de un croquis sofisticado --- de la forma general que preliminarmente el ingeniero le ha impartido en su imaginación al artefacto que se pretende lograr. Ahora bien, cuando hablamos de un esbozo no significa que deba ser solamente una ilustración, pueden requerirse por claridad algunos más, sin embargo deben ser limitados a no más de tres puesto que esto solo es una exposición gráfica y esquemática preliminar de un objeto o un artefacto que se pretende lograr, pero que la mayoría de las veces al llegar al diseño final queda sujeto y va a ser objeto de modificaciones que en ciertos casos pueden llegar a ser radicales.

Resumiendo: si bien la aplicación de esta segunda regla es esencial para el fin que se persigue, la utilidad de los esbosos estará limitada por el grados de habilidad y conocimientos de geometría descriptiva que el ingeniero posea y ademas dejara planteadas más preguntas que respuestas para lograr el fin que se persigue.

Nuevamente es apreciable el echo de que no es posible determinar los parámetros específicos de la aplicación general si no que cada caso va determinar e imponer sus propios parámetros.

3. Formular un listado analítico de las limitantes estáticas, mecánicas, ambientales, estéticas, etc.

En la exposición y aplicación de las dos primeras reglas se pude apreciar sin duda alguna que su aplicación lleva con sigio la clara intención de recabar información y datos que en conjunto, sirvan al ingeniero para la toma de decisiones. Es cierto que cada uno de los datos así obtenidos por si mismo no constituyen base para decisión pero en su conjunto adquieren

ese significado es decir, constituyen una parte de la estructura en la cual al completar la aplicación de las primeras cuatro reglas, se van a fundamentar las decisiones.

Estas decisiones se tomarán en base a las técnicas de ingeniería que es necesario que el ingeniero aplique en cada caso y estas serán sin categorizar, básicamente las siguientes:

Las técnicas mecánicas:

Los aspectos estáticos es decir las fuerzas a las cuales pueda estar sujeto el artefacto.

Los aspectos dinámicos es decir, los sistemas de fuerzas y movimientos a los que puede estar sometido el artefacto.

La meteorología y el entorno:

Los aspectos de los efectos provocados por la ocurrencia natural de fenómenos tales como la lluvia, la temperatura, el asoleamiento, viento, sismo, etc.

Los aspectos relacionados con los efectos de fenómenos provocados por condiciones particulares del entorno tales como el ruido, contaminación del aire, contaminación de la lluvia, la salinidad, los humos, etc.

La estética:

Todos los aspectos que deben controlar la forma, la geometría, la apariencia, el acabado y en general todo aquello que va más allá de lo meramente utilitario y que conduzca a lograr que el artefacto pueda conjugarse armónicamente con la edificación en la cual deba quedar enclavado.

Claro esta que estas técnicas no son generales ni las únicas, puesto que como hemos mencionado con anterioridad el ingeniero debiera aplicar las técnicas de ingeniería con su ingenio e imaginación según sea el caso.

4 Verificar la disponibilidad de los productos que se planea aplicar, dentro del mercado local o nacional.

Al llegar a esta regla se aprecia muy claramente al haber completado la aplicación de las tres primeras, que lo único que se ha logrado es el impartir un poco más de claridad y de definición de una cantidad de supuestos que tienen que ver básicamente con aspectos y condiciones físicas del artefacto. Si bien es cierto que todo esto, es decir, la aplicación de las primeras tres reglas es esencial para el logro lógico y sistemático de la estructura que sirve de base para la toma de decisiones, salta a la vista el echo de que ninguno de los supuestos nos permite decir con seguridad que el o los productos semielaborados que se han elegido preliminarmente se puedan obtener sin condiciones especiales de las fuentes de suministro locales o nacionales.

Por lo anterior, aunado al echo de que una de las cosas que el ingeniero debe averiguar es el costo probable; el tiempo en el que el o los productos le puedan ser suministrados; las medidas y tamaños "comerciales" y demás datos de naturaleza económica, se establece en este documento la aplicación de esta cuarta regla.

Al completar la aplicación de estas primeras cuatro reglas el ingeniero estará en posición de responder las cuestiones principales que gobiernan la factibilidad del artefacto. Cuestiones tales como ¿la elección de productos de aluminio es apropiada para el caso?; ¿El tiempo que se requiere para obtener estos productos esta dentro del limite supuesto?; ¿Existe en el mercado el o los productos requeridos?; ¿El costo del o de los productos requeridos es muy alto?; En caso de que las respuestas a estas preguntas con base en las obtenidas dé por resultado respuestas que en su mayoría resulten desfavorables ¿Se debe de proceder al diseño?; Es claro aquí desde luego que hay algunas otras cuestiones que requieren ser resueltas pero, en cualquier caso las respuestas principales ya estarían dadas.

En el caso de que la mayoría de los resultados sea favorable al material y formas elegidas el siguiente paso lógicamente debiera ser la aplicación de la quinta regla que como ya hemos dicho es la formulación del diseño definitivo. Es conveniente saber donde están ubicadas las fabricas extrusoras y laminadoras en el país: los extrusores, se encuentran en Guadalajara Jal.,

Monterrey NL, Puebla Pue. y El Distrito Federal. Las fabricas laminadoras en el Distrito Federal, el Edo Méx., Puebla Pue. y los distribuidores se encuentran en todo el país.

5. El Diseño.

El diseño es la consecuencia lógica de la aplicación cuidadosa de las primeras cuatro reglas o pasos que hasta aquí hemos aplicado.

Resulta claro que no es únicamente la aplicación de las reglas lo que nos permite continuar, sino el análisis de los resultados de la aplicación de estas reglas. Más aún, al llegar a este tema se hace evidente el hecho de que el "Diseño" del que aquí se habla, no es ni más ni menos que una forma o manera compleja de formular instrucciones para la ejecución de un conjunto de tareas y operaciones encaminadas a la fabricación de un objeto o artefacto que sea perfectamente capaz de satisfacer las necesidades del uso al que se le destina. Es pues en suma, una forma de comunicación entre profesionales y técnicos.

Es claro que no todos los casos de diseño tengan que hacer una labor compleja y sofisticada ya que en la generalidad de los casos con un dibujo técnicamente elaborado y un listado cuidadoso de las partes y componentes es suficiente información para fabricar casi cualquier cantidad de unidades con características iguales. En algunos casos de pocas unidades puede llegarse a requerir cantidades vastas de información precisa que con mucha frecuencia no alcanza a llegar a un grado de definición suficiente para que el ingeniero pueda abandonar los supuestos convirtiendolos en teoremas.

Cuando estos casos se presentan pudiera llegar a provocarse la necesidad de la hechura de modelos o aun la fabricación de prototipos de tamaño natural para ser probados en laboratorio con aparatos y métodos rigurosos de medición.

Al llegar a estos extremos el ingeniero no debe ni puede, sin reflexión cuidadosa, decir que el diseño esta completo ya que solamente sería posible tal aserto en la muy remota probabilidad de que se hayan satisfecho a cabalidad todos y cada uno - desde luego - dichos requisitos; van ha ser en todos los casos los resultados a que da lugar la aplicación de la tercera regla es decir, el listado de las diversas solicitudes a las que el artefacto se supone que va a quedar sometido. Como ya se dijo antes, el diseño puede consistir en tan solo un conjunto reducido de labores de gabinete con un bajo costo pero, evidentemente en los casos de mediana y alta complejidad puede llegar a ser un factor determinante que por su costo en

dinero y en tiempo provoque el que, por resultar no rentable lleve a la decisión de abandonar la realización de lo proyectado.

Por todo esto es más que recomendable que en los casos complejos se estudie y planee cuidadosamente la inversión de tiempo y dinero que se estime que el desarrollo ejecutivo de las labores de diseño pueda requerir, de manera que si el resultado de esa estimación se aprecia como viable en la proporción que se le asigne del costo total, se continúe con los trabajos ya sea como se halla concebido originalmente o incorporando aquellos cambios, ajustes, reducciones, etc que el ingeniero puede considerar favorable al costo y convenientes al propósito, sin tener necesidad de sacrificar ni partes esenciales, ni componentes básicos, ni estabilidad mecánica, ni seguridad del artefacto. Puede parecer, de hecho que para poder ejecutar un diseño complicado tenga que caer el ingeniero en una virtual paradoja que consistiría en que para que no sea una erogación honerosa sea necesario recurrir a un gasto por concepto de estudios de viabilidad económica de un diseño. Sin embargo no es paradójico debido a que la naturaleza de tales estudios es estimativa; siempre van a ser apreciablemente menos costosos que la ejecución de un diseño que puede llevar al extremo de resultar prácticamente irrealizable.

Ciertamente una situación como la expuesta es extrema y poco frecuente pero no por ello debe el ingeniero dejar de considerar la posibilidad. Se reitera por esa razón, que la estimación del costo de cualquier diseño sea parte integral del proceso y no simplemente una alternativa. Nuevamente para que el ingeniero pueda contar con los medios para la estimación del costo del diseño va a tener en la mano la información obtenida por la aplicación sistemática de las cuatro primeras reglas expuestas en estas conclusiones.

Se puede continuar exponiendo ideas y consideraciones sobre el diseño sin embargo continuar con eso nos llevaría mucho más allá del alcance pretendido para este documento, por lo tanto aquí para esos fines quedan cerradas estas conclusiones.

Comentario.- Debido a la inmensa magnitud y variedad de casos posibles se recomienda aquí que cuando el ingeniero abocado a problemas de esta naturaleza por primera ocasión pueda llegar a requerir informes más amplios y técnicos recurra a las instituciones y bibliografía cuya lista parcial esta contenida en la sección correspondiente del presente documento.

BIBLIOGRAFIA

- AAMA, ARCHITECTURAL ALUMINIUM MANUFACTURERS ASSOCIATION, SPECIAL REPORT OF THE TECHNICAL COMMITTEE OCTOBER 1965, THERMAL PERFORMANCE OF ALUMINIUM WINDOWS, CHICAGO, ILL. USA 1965.
- ALCAN, HANDBOOK OF ALUMINIUM, ALUMINIUM COMPANY OF CANADA LTD, TORONTO, ONTARIO CANADA 1970.
- ALCOA, MANUAL DE FABRICACION CON ALUMINIO ALCOA, ALUMINIUM COMPANY OF AMERICA, NEW YORK, NY USA 1960.
- ALCOA, ALCOA STRUCTURAL HANDBOOK, ALUMINIUM COMPANY OF AMERICA, NEW YORK, NY USA 1965.
- ANSI, AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, MINIMUM DESIGN LOADS FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES, ANSI, USA 1982.
- ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, STANDARDIZATION NEWS NUMBER 4 APRIL 1979, PHILADELPHIA PA. USA 1979.
- CFE, COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS, MEXICO 1981.
- DDF, DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL. REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL, MEXICO D.F. 3 DE JULIO 1987.
- DDF, DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS, MEXICO D.F. 29 DE OCTUBRE 1987.
- KLOSOWSKI, M. JEROME, SEALANTS AS A BUILDING MATERIAL. DOW CORNING CORPORATION, MIDLAND MI. USA 1978.
- RODRIGUEZ CUEVAS N. DISEÑO POR VIENTO EN EL DISTRITO FEDERAL, I SIMPOSIO PANAMERICANO DE ESTRUCTURAS, IPN MEXICO, 1960.
- SANDOVAL J.H. REGIONALIZACION EOLICA DE LA REPUBLICA MEXICANA, PUBLICACION INTERNA INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM MEXICO OCTUBRE 1976.
- SIMIU, E. SCANLAN R.H. WIND EFFECTS ON STRUCTURES. AN INTRODUCTION TO WIND ENGINEERING JHON WHILEY & SONS, NEW YORK NY USA 1978.
- WEIDLINGER PAUL, ALUMINIUM IN MODERN ARCHITECTURE VOLUME I REYNOLDS METALS COMPANY, LOUSVILLE, KENTUCKY, USA 1975.
- WEIDLINGER PAUL, ALUMINIUM IN MODERN ARCHITECTURE VOLUME II REYNOLDS METALS COMPANY, LOUSVILLE, KENTUCKY, USA 1975.