

Proyecto Final de Carrera
Depto. Ingeniería en Materiales

**“Elaboración de un Manual de defectos de laminación propios del proceso de
obtención de foil de Aluminio”**



Autores:

Pablo Lorenzino
Roberto Casanovas

Director: Ing. Raúl H Conde

Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ingeniería



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Proyecto Final de Carrera
Depto. Ingeniería en Materiales

**“Elaboración de un Manual de defectos de laminación propios del proceso de
obtención de foil de Aluminio”**



Autores:

Pablo Lorenzino
Roberto Casanovas

Director: Ing. Raúl H Conde

Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ingeniería

INDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	7
Origen del Proyecto	7
Alcance del Proyecto	7
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	9
La empresa Aluar División Elaborados	9
Procesos	10
Etapas del Proceso de Laminación de Aluminio	10
CAPITULO II: METALURGIA DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES	23
Materia Prima	23
Proceso de fusión	25
Proceso de refinación	25
Propiedades del aluminio	28
CAPITULO III: EL PROCESO DE LAMINACION DE ALUMINIO	30
Teoría de laminación	30

VARIABLES DEL PROCESO	32
CAPITULO IV: MANUAL DE DEFECTOS DE LAMINACIÓN	34
Consideraciones, modo de trabajo	34
Defectos de laminación	36
CAPITULO V: ANÁLISIS DE FALLA DE UN LAMINADOR	146
Consideraciones, modo de trabajo	146
Análisis de falla de tipo PDCA	147
CONCLUSIONES	162
BIBLIOGRAFÍA	166
ANEXO A: DESARROLLO DE LA PASANTÍA	168
ANEXO B: OTROS TRABAJOS REALIZADOS	172
Seguimiento de los niveles de aditivos y viscosidades del lubricante de los laminadores	172
Seguimiento de las rugosidades de los cilindros	173
Control diario del estado de almacenamiento del foil	175
Seguimiento de placas a través del proceso de laminación	176
Obtención de la curva de enfriamiento de rollos de aluminio salientes del laminador CC 5000.	177
Informe de los resultados obtenidos de las muestras analizadas en el laboratorio de Aluar Primarios (Puerto Madryn) y la universidad de La Plata	178

Inspección de las condiciones de limpieza generales de la planta	178
Compilado y clasificación de muestras de fallas en los laminadores CC 5200 y CC 5400	181
Análisis del armado de la refiladora pesada luego de una parada de mantenimiento	182
Inspección de las condiciones de la mesa del laminador dúo	182
Inspección del filtro de aceite de laminación (emulsión) del laminador dúo (CC 4200)	183
Análisis de las variables de filtrado a tener en cuenta para evitar el exceso de partículas menores a 5 μm en el aceite del laminador CC5000	183

RESUMEN

En respuesta a una necesidad concreta de la empresa Aluar División Elaborados, de poseer una base de datos que brinde información acerca de los defectos de laminación, se confeccionó un Manual de Defectos de Laminación.

En él se encuentra la información acerca de 140 distintos defectos, la cual está compuesta por una descripción, acompañada por material fotográfico, la o las causas de aparición de dichos defectos y las posibles soluciones.

Dicho material se convierte en una valiosa herramienta para la empresa ya que al encontrarse distribuido entre los ingenieros y operarios, representa una rápida vía para unificar criterios al observar algún desperfecto durante el proceso.

Por otro lado, al ser detectada una irregularidad en el material de trabajo, puede ser rápidamente identificada por el operario por comparación con la descripción y la información fotográfica provista. Pudiendo en algunos casos solucionar el problema por sus propios medios. De no ser así, acude al supervisor, pero con información concreta acerca del inconveniente que está afectando al proceso.

De una u otra manera se ahorra valioso tiempo y se reducen los kilos de material descartado, aumentando la producción.

Se realizó paralelamente un análisis de falla de uno de los laminadores *en frío* de la planta. La falla era los numerosos cortes de banda (lámina de aluminio) en el último paso del proceso de laminación. En él, el papel de aluminio es laminado hasta espesores finales de 6,35 micrones. Estos numerosos cortes producen la pérdida de muchos kilos de material.

Además de la pérdida de material en sí, el problema se agrava pues el descarte se realiza en los pasos finales del proceso con lo cual otros tres laminadores y una refiladora (máquina que se encarga de cortar el sobrante de material en los bordes) estuvieron andando para procesar un material que iba a ser descartado al final del proceso.

Este trabajo permitió reducir significativamente los cortes de banda, disminuyendo las toneladas de descarte y aumentando notoriamente la producción del material en cuestión.

INTRODUCCIÓN

Origen del Proyecto

La realización del presente proyecto surge de la práctica laboral llevada a cabo durante el periodo 15/01/2006 – 31/03/2006 en la empresa Aluar División Elaborados, ubicada en la localidad de Abasto, ruta 2 Km. 54 (Véase **anexo A**)

Durante la misma se realizaron trabajos de muy diversa índole pero todos ellos estrechamente relacionados con los conceptos adquiridos durante el avance de la carrera. Se destacan por su íntima relación con el área de trabajo las materias:

Procesamiento 1 (Procesamiento de metales y sus aleaciones), **Metalúrgica Aplicada**.

También se utilizaron algunos conceptos de las materias

Propiedades Estructurales

Procesamiento 2

Escuela de liderazgo

Estadística básica

Fenómenos de Transferencia

Al ser el trabajo de un volumen importante, y de características interdisciplinarias, se pensó en su utilización como proyecto final ya que cumple con los objetivos esperados para dicho tipo de trabajo. (Según la información provista por la facultad)

Los trabajos apuntan directamente al aumento de la producción y a la resolución de un problema específico.

Alcance del Proyecto

El presente proyecto surge de una necesidad puntual planteada por Aluar División Elaborados, por lo que su fin último consiste en la resolución de los problemas planteados.

En el caso del Manual de Defectos de Laminación, se realizó una búsqueda y análisis de información acerca del proceso de laminación y las variables involucradas en el mismo.

Por otra parte se siguió el funcionamiento de las maquinarias en planta, se observó el comportamiento de las mismas y se identificaron las fallas más frecuentes, relacionándolas con el cambio en las variables de laminación. Se obtuvo gran cantidad de evidencia fotográfica, indispensable para lograr el impacto deseado.

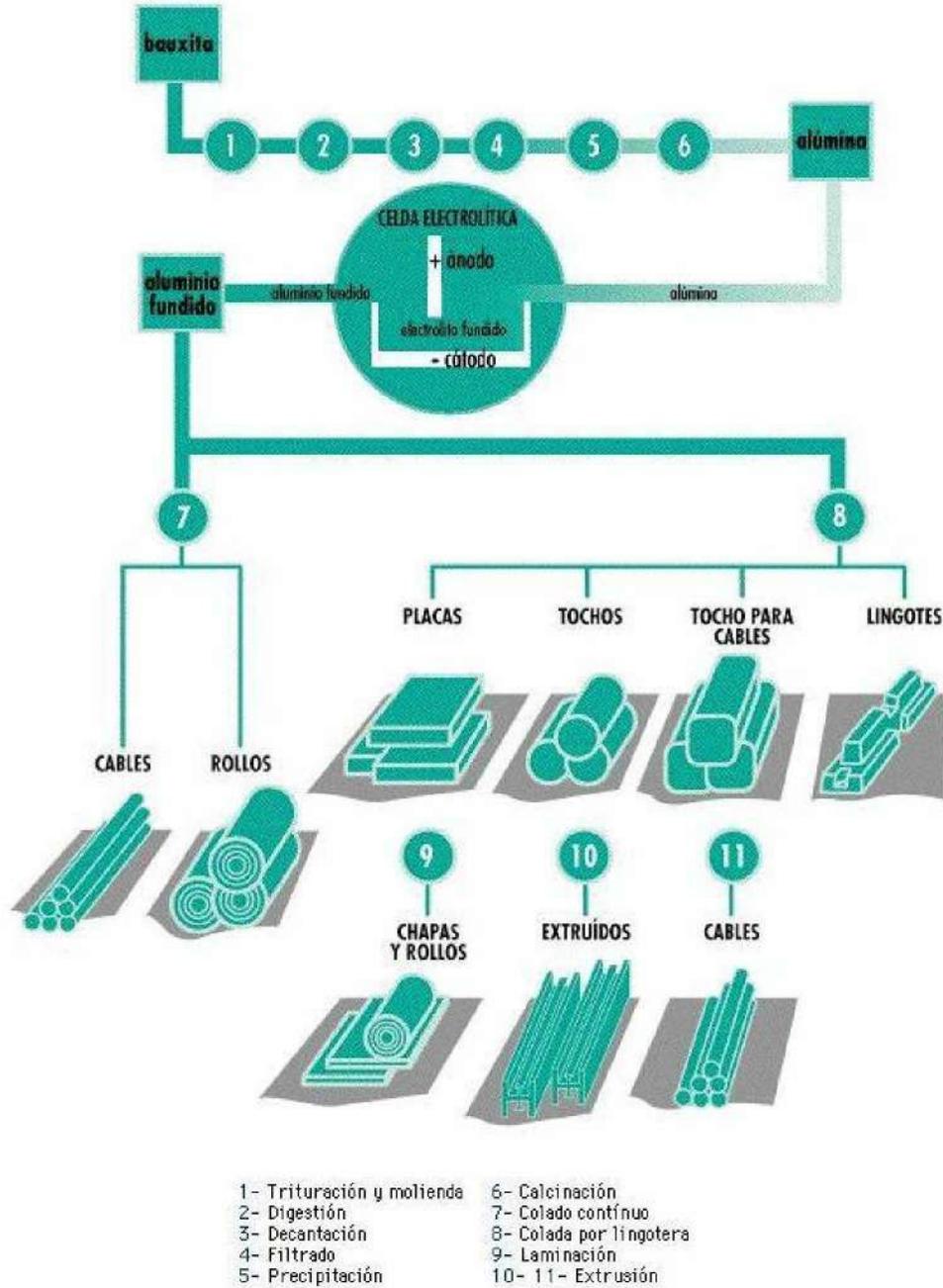
Se elaboró el Manual de Defectos y se lo instaló en la red interna de la empresa, se realizaron 15 copias en formato digital (C.D.) que se repartieron entre los ingenieros del área de Procesos, Producción, Gestión de Calidad y las Gerencias. Se realizaron copias impresas que fueron destinadas a cada centro de costo del proceso de laminación.

En el caso del análisis de falla, se compiló información obtenida en planta (muestras de material, fotografías, opiniones de ingenieros de mantenimiento e ingenieros de procesos y operarios) que se junto con los informes de laboratorio (microscopía óptica, SEM, sonda Edax y conteo de partículas en suspensión).

Del análisis de la información surgió un informe que se presentó ante el Jefe de Ingeniería de procesos. Dicho análisis fue de vital importancia en la resolución del problema que se encontraba afectando al proceso de producción de foil de aluminio.

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Proceso general de las plantas de aluminio (Aluar primario + Aluar Elaborados).



Proceso de la planta de La Plata (Aluar división elaborados)

Foto de la planta:



Fundición:

La planta cuenta con dos hornos de fusión y dos mesas de colada que pueden ser adaptadas para colar placas o barros que posteriormente son cortados en tochos que serán utilizados en la extrusión de perfiles. En la preparación de las cargas de los hornos, se utilizan los recortes y los descartes de proceso, lingotes de aluminio de alta pureza y ligas madres de los aleantes necesarios para hacer la aleación.

Para poder utilizar los recortes y el descarte, los distintos tipos de aluminios deben ser ubicados de acuerdo a la aleación de la que se trate, ya que el porcentaje de aluminio reciclado en la fusión es elevada, con lo que una buena organización y clasificación de los descartes es fundamental para la buena recuperación del material.

Una vez preparada la carga y ya fundida la misma, el material es escoriado por medio de rastrillos; se retira una muestra de material, se la cuela y es enviada en forma neumática hasta el laboratorio donde se realiza una práctica de chispa, y se envían los resultados a la fundición para ver si hay que realizar alguna corrección, este proceso se realiza hasta obtener la composición química deseada. Luego se trasvasa el fundido a la cuchara de colada que es un horno pivotante que deposita el fundido en la mesa de colada.

En las mesa de colada el fundido comienza a solidificarse desde los bordes mientras que el suelo de las mesa comienza a desplazarse hacia abajo mientras que el material sólido de las paredes es enfriado por chorros de agua.

Laminación:

El proceso de laminación comienza cuando la placa es fresada en sus caras superior e inferior, con lo que se eliminan muchas de las impurezas y la estructura de solidificación de la pared.

Luego la placa pasa a los hornos tipo pozo en donde se produce la homogenización del material. Este proceso dura como mínimo 16 horas.



Interior del horno de foso

Con la placa a elevada temperatura comienza el proceso de laminación.

El primer laminador utilizado es el denominado con CC 4200. Es un laminador de tipo dúo con una mesa con rodillos cónicos con el objeto de que la placa tenga el menor contacto posible con la mesa así se elimina la mayor cantidad de roces y rasgaduras de la superficie placa. Este laminador posee la opción funcionar en ambos sentidos con esto aumenta mucho la dinámica del centro de costo, por lo que dicho centro de costos posee una utilización de un 40 %.

La laminación producida en este laminador es de tipo en caliente, lo que permite grandes deformaciones. Con lo que en pocas pasadas la placa pasa de tener 45 cm de espesor inicial a tener 15 o 10 mm de espesor final, con lo que la placa pasa a ser una bobina. El calor que contiene el material genera una recristalización y relajación de los granos con lo que la reducción no afecta tanto a las propiedades mecánicas del material.



Centro de costos 4200

El primer laminador en frío utilizado es el CC 4400. Este laminador es de tipo cuarto, o sea que los cilindros laminadores están respaldados por los cilindros de apoyo que son de mayor tamaño. Los cilindros de trabajo poseen un menor tamaño con lo que la reducción es más controlada, y además el esfuerzo que soportan los cilindros es menor. En este centro de costo que también posee un sistema de laminación en ambos sentidos con lo que la velocidad de trabajo es alta. En este laminador las bobinas son montadas en la última pasada a un cilindro de acero. La reducción en este paso es menor debido a que la bobina ya está en frío y soporta una deformación acotada ya que pueden provocarse fisuras.



Centro de costos 4400

En este punto es donde el proceso se abre según cual sea el espesor final que se desee si es el que sale del CC 4400, laminación gruesa, o bien si se va a continuar con la reducción, laminación fina o foil.

Laminación fina o foil:

El siguiente proceso al que se enfrenta la bobina es una estiradora y refiladora denominada CC 5500, este centro de costo es el proceso en el cual la banda sufre un primer corte de los laterales, los que poseen una estructura de solidificación distinta e impurezas, que no son eliminadas aguas arriba ya que el fresado es solo en las caras superior e inferior. Durante este proceso la banda no sufre ninguna reducción de espesor pero si sufre un reacomodamiento de las espiras de aluminio. El refilado es un proceso de cizalla que genera un corte en el espesor de la banda, el corte se produce por un sistema de cuchillas circulares las cuales son reguladas en dos direcciones tanto en la dirección del espesor como en la dirección perpendicular. Si se regula en la dirección de espesor, por ejemplo si se acercan las cuchillas el corte se produce por cizalla, mientras que si se regula la altura de las cuchillas el corte se produce por deformación excesiva.

Para poder continuar con la reducción de espesores la bobina es sometida a un proceso de recocido y recristalización.

Luego de pasar por el horno, la bobina comienza con el último set de laminadores, los que son todos de tipo cuarto.

Laminador CC 5200:

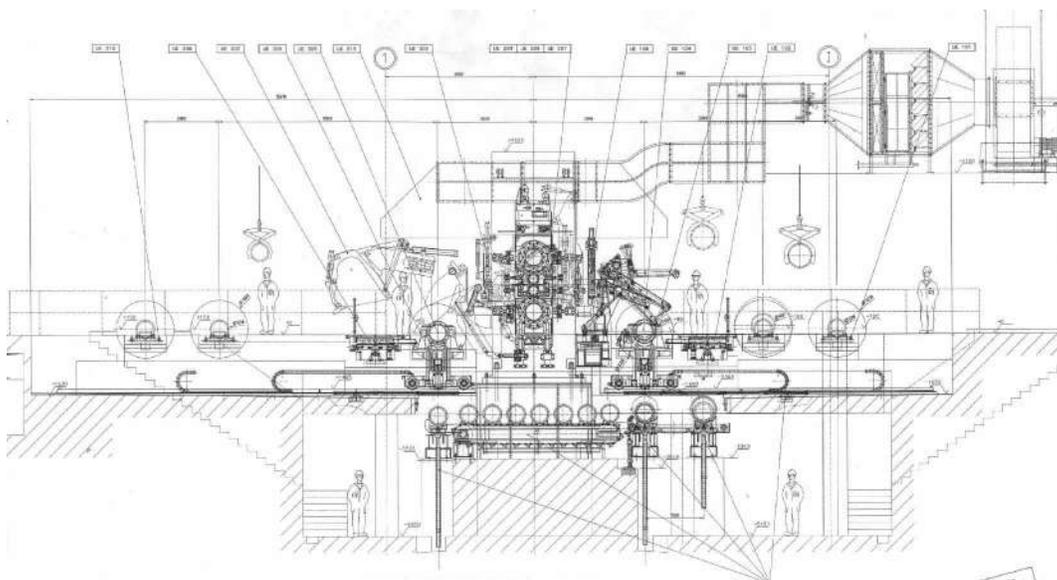
Es el laminador más nuevo de la planta, es el único de este set que no posee la opción de doblar, o sea laminas conjuntamente dos bandas de distintas bobinas, realizarles la reducción y bobinarlas en un solo cilindro. Por ser el laminador más nuevo, éste cuenta con un sistema de control más sofisticado que el resto. Alcanza una velocidad máxima de laminado de 1200 metros por minuto, mientras que los otros dos trabajan como máximo a 600 m / min.

En este laminador es por donde comienzan las bobinas, como no posee un sistema de ida y vuelta las bobinas salen y vuelven a entrar por el otro lado. El espesor con el que entra es de 850 micrones y puede salir en cualquier medida, dependiendo de espesor

requerido final. Puede llegar hasta 30 micrones como mínimo, para continuar la reducción en otro CC.



Laminador CC 5200



Esquema del laminador CC 5200



Cilindros de trabajo del laminador CC 5200

Las bobinas salidas de este laminador tienen tres centros de costos como posibles rutas: pasar a la etapa de separación en rollos menores y corte, ir a la dobladora para un posterior laminado doble o pasar a los laminadores para continuar con el proceso de reducción.

Dobladora:

Este centro de costos fue adquirido junto con el CC 5200, debido a la necesidad de no recargar a los laminadores más viejos con la tarea de doblar los productos salidos del CC 5200. Este equipo cuenta con un sistema de guías automáticas que direccionan a la banda a través de caminos distintos por donde un sistema de atomizadores mojan las caras de las bandas con un aceite de alta presión para evitar que luego de la reducción éstas queden unidas entre sí.



Dobladora, sistema de mojado de bandas internas.

Laminadores CC 5000 y CC 5400:

Estos laminadores tienen la posibilidad de doblar material salido del CC 5200, pero como su velocidad de trabajo es menor a la que posee éste último, entonces su función principal es la reducción inicial del material simple hasta 12 micrones, y luego la reducción de la banda doble de 24 micrones hasta 12 micrones obteniéndose así dos bandas con 6 micrones cada una.



Laminador CC 5000



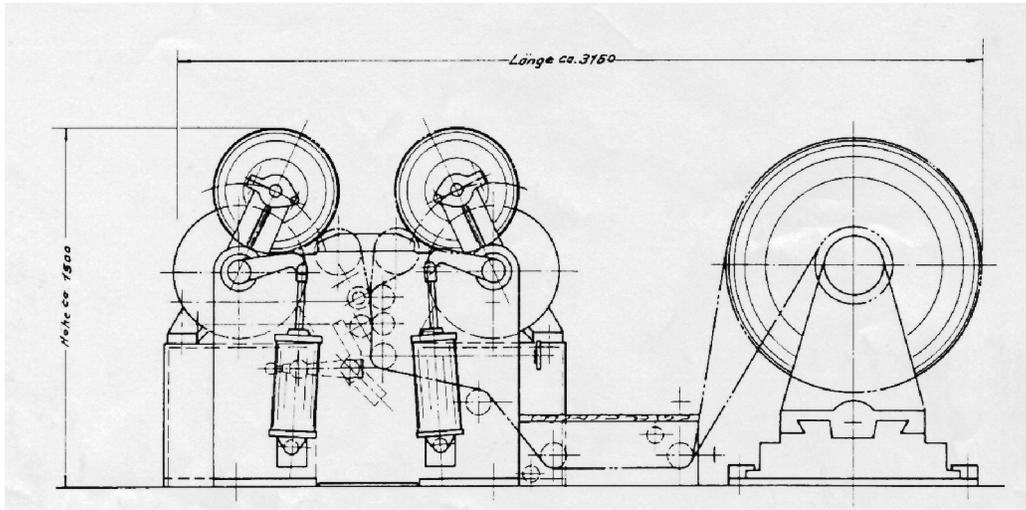
Laminador CC 5400

Todo este trabajo de doblar al material para luego continuar con la reducción tiene su respuesta en el hecho de que la reducción máxima que se puede alcanzar es de 12 micrones debido a que a la presión necesaria para realizar tal operación, los cilindros quedan deformados de tal manera que las superficies en contacto, quedan muy cerca de estar en posición paralela con lo que no se produciría reducción alguna. ya que la pendiente en la zona de reducción es cero.

Proceso de separado , corte, tratamiento térmico y embalado.

La etapa que sigue es la de separado y corte de las bobinas de acuerdo a las especificaciones de los cliente. El mecanismo consiste en un sistemas de guías de

rodillos, hasta unos cilindros delgados de acero que son en donde el material será despachado.



Esquema típico de una separadora

Una vez ya separadas las bobinas son estibadas en rucks para ser sometidas a un tratamiento térmico, con un doble sentido, uno es el tratamiento térmico para relajar el material y otro es la evaporación del aceite utilizado durante la laminación.

Embalado

El embalado tiene como objetivos la protección de las bobinas contra golpes y la humedad. Es por eso que las mismas son colocadas en cajas pero sostenidas en el aire. Y envueltas con papel, cartón y film de polietileno, con recipientes de Silica Gel, para absorber toda la humedad posible.

Laminación gruesa:

Esta rama del proceso comienza a la salida del laminador CC 4400, en donde el espesor de salida permanece constante.

Los procesos que suceden no afectan a las propiedades mecánicas del material, sino que generan geometrías acordes a los pedidos de los clientes. Los más importantes son el de refilado y el gofrado.

El refilado es muy similar al refilado para foil, salvo el hecho de que las cuchillas son cambiadas por aros de bordes filosos.

El gofrado es un proceso por el cual la lámina copia una superficie impuesta por dos cilindros, los cuales tienen la superficie grabada de manera tal que coincidan los huecos de una con las salientes de la otra. El ejemplo más común son los pisos antideslizantes.

Destinos más comunes de los distintos tipos de productos:

Laminación gruesa:

Línea blanca (paneles para heladeras, lavarropas, artículos de cocina).

Pisos de transportes de alimentos, cajas refrigeradas.

Productos realizados por embutido (Aerosoles o embases de gaseosa).

Laminación fina o foil:

Blister de medicamentos (T.T. final sin recristalización).

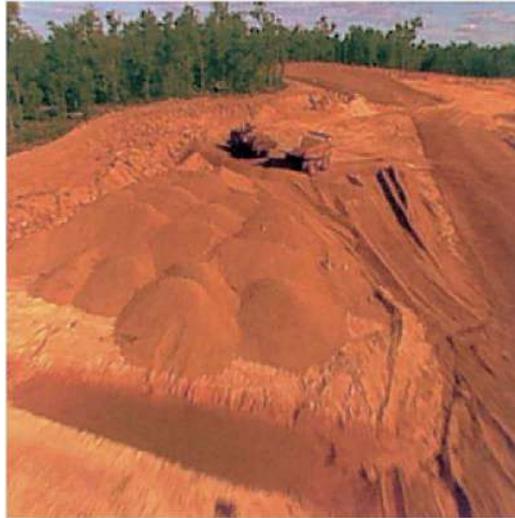
Papel para cigarrillos.

Embases de Tetra Pack.

Rollos de cocina.

Embases de catering.

CAPITULO II: METALURGIA DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES



Yacimiento de Bauxita

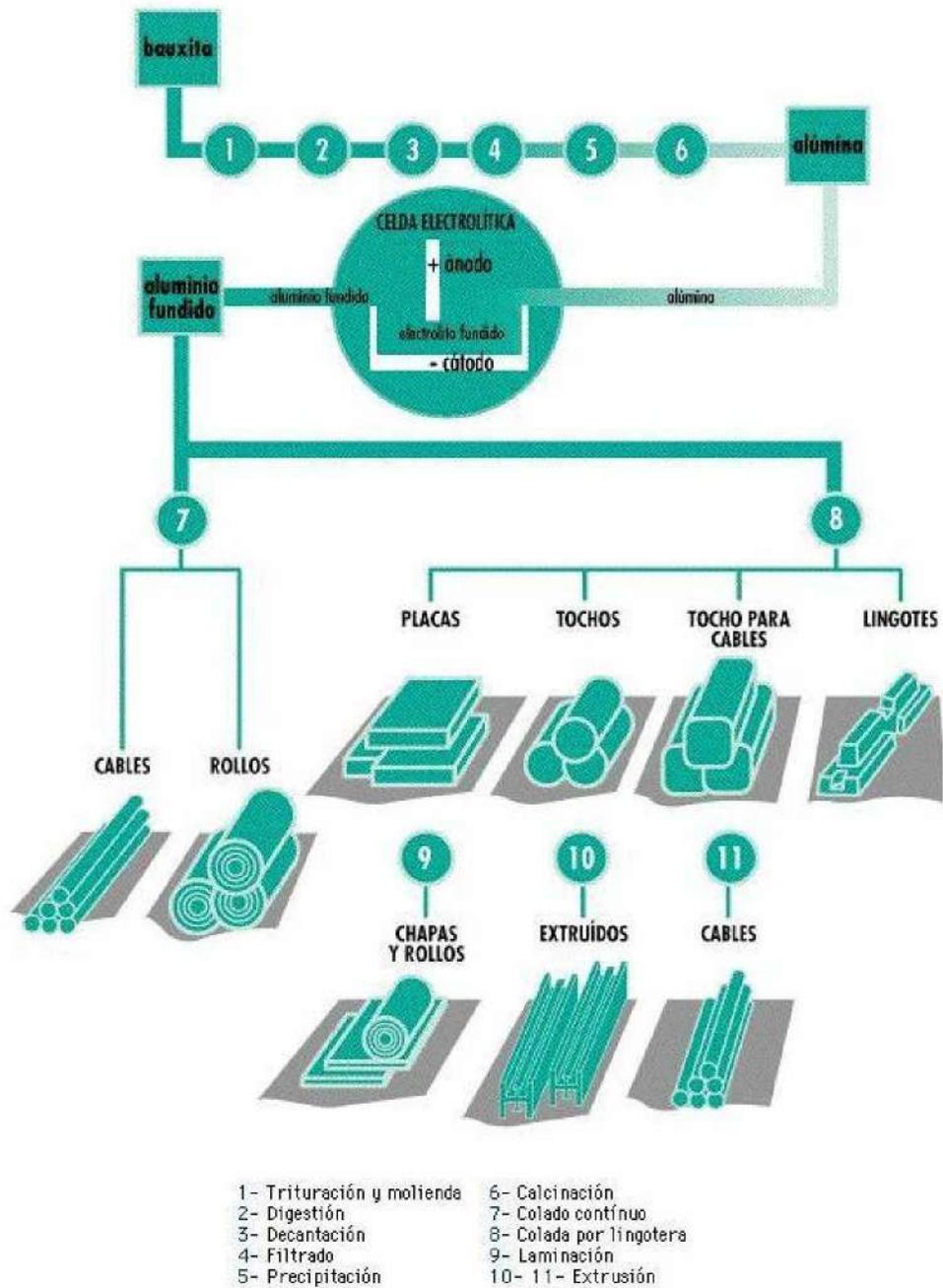
El aluminio, debido a su reactividad química, no se encuentra en estado puro como otros metales, sino que en la naturaleza aparece combinado con el oxígeno, formando un óxido (Al_2O_3) llamado Alúmina.

Este óxido de color blanco se encuentra, en una gran cantidad de compuestos de la corteza terrestre. Siendo la bauxita la que presenta la mayor concentración; 58% aproximadamente.

La explotación de un yacimiento de Bauxita resulta rentable solo si el porcentaje de alúmina ronda o supera dicha cifra.

Los principales y más rentables yacimientos se encuentran en los países tropicales y subtropicales.

En la Fig. se representa un sencillo esquema del camino que recorre el aluminio hasta convertirse en un tocho, en una placa de aluminio 99,6%, o aleado intencionadamente con otros metales por fusión y mezclado para alcanzar las características necesarias al uso comercial que vaya a ser destinado.



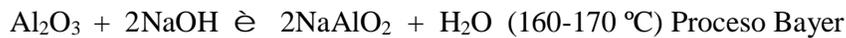
El rendimiento de la Bauxita es de aproximadamente 25%.

El consumo de energía para la obtención del Aluminio evolucionó de 40 Kw./Kg a un 25% del dicho valor, gracias a los avances tecnológicos. Con lo cual el costo de

obtención por kilo de material pasó de 545 dólares en los primeros años a 35 centavos de dólar en la actualidad.

El proceso de obtención de aluminio por electrólisis fue desarrollado y mejorado por el científico alemán Bayer:

Este proceso comienza con la obtención de alumina a partir de la, en el cual ésta es tratada con hidróxido de sodio caliente y el aluminio del compuesto de mineral se convierte en aluminato de sodio, según la siguiente reacción:



Durante el enfriamiento se produce la precipitación del hidróxido de aluminio:



Luego el $\text{Al}(\text{OH})_3$ es condensado, lavado y calcinado a uno $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ para poder producir la alumina (Al_2O_3).- Este óxido es la materia prima que compra la empresa Aluar Primario en su planta de Puerto Madryn, la cual proviene de la ciudad de Belén en Brasil por barco.

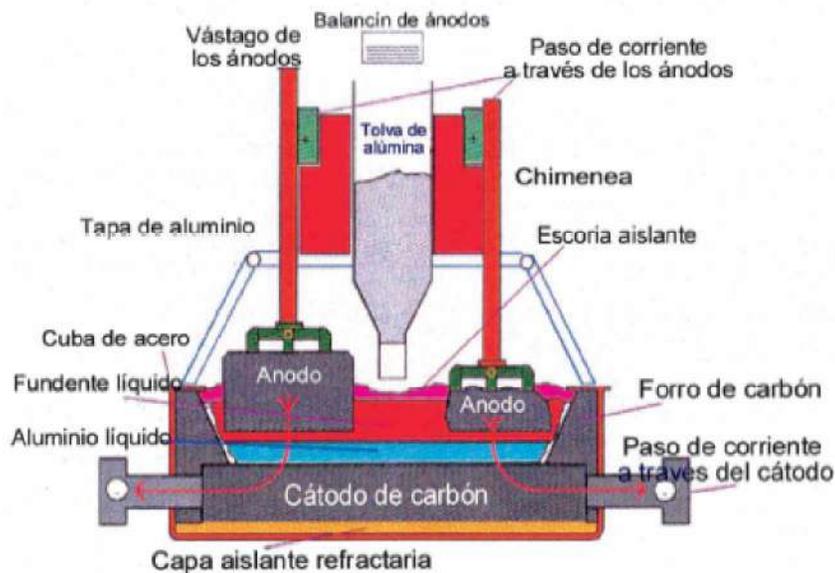
Proceso de la planta de Puerto Madryn:



Foto de la planta

Como la alúmina posee un punto de fusión de 2050 °C, no es económicamente conveniente su procesamiento por los medios utilizados para el hierro o para el cobre. Además por tener afinidad con el agua se elimina la posibilidad de obtener el aluminio por deposición en solución. Es debido al alto punto de fusión que por medio de la criolita, un fluoruro de sodio y aluminio (Na_3AlF_6), descubierta por Hall, la alúmina es mezclada para la electrólisis. La criolita funde a los 1000 °C, y en estado líquido puede disolver hasta un 16% de su peso de aluminio; entonces si se electróliza un baño fundido de criolita y alúmina, con una corriente de bajo voltaje con elevada intensidad, es que se disocia el óxido de aluminio en aluminio y oxígeno. Por ser el aluminio líquido de mayor densidad que la alúmina este se deposita en el fondo por donde es extraído (sangrado), mientras que por la parte superior ingresa una cantidad proporcional de alúmina para continuar con el proceso. Por lo único que detiene la electrólisis es el cambio de los ánodos de carbono que se desgastan durante la electrólisis.

Dicho proceso se ve esquematizado en la siguiente figura.



El aluminio extraído de la cuba electrolítica contiene un nivel de impurezas cercano al 0.5%, lo que genera que el aluminio no sea apto para el uso tecnológico, para poder eliminar esas impurezas, es que se funde y por medio de un barrido superficial (escoriado) se retira la escoria con la mayor concentración de impurezas y partes de electrolito.

La solidificación de los productos básicos de aluminio se realiza en una mesa de colado de fondo falso. Ambas plantas contienen este sistema aunque para el proceso de laminado en el que se lleva la placa hasta los 6 micrones, las mismas son adquiridas en Madryn debido a que los equipos del sur contienen un sistema de control de la mesa de colada que evita la formación de defectos superficiales en las placas. Mientras que las

mesas de la planta de Abasto no poseen dicha tecnología, y los defectos de superficie provocan que no sean aptas para una deformación tan intensa.

Propiedades generales de aluminio (Tablas extraídas de la base de datos de Aluar Aluminio Argentino):

Comparación

Propiedad	Aluminio		Acero		Cobre	Poliamida
	1050-H14	5086-H321	A37	inox18-12	M20	PA6
Rango de fusión (°C)	645/658	585/640	1400/1530	1375/1400	1083	220
Densidad (g/dm ³)	2,7	2,67	7,82	7,9	8,94	1,13
Coefficiente de dilatación lineal entre 20°C y 100°C (·) [*]	23,5	23,8	13,5	19	17	100/150
Conductividad térmica a 20°C (W/m.K)	229	126	54	152	121	0,24
Conductividad eléctrica a 20°C (MS/m)	34,5	18	5	1,4	57	-
Resistencia a la tracción (MPa)	115	330	410	570/690	235	80
Elongación (%)	6	17	24	40	45	50
Módulo de elasticidad (Mpa)	69.000	71.000	210.000	200.000	115.000	-
Dureza Brinell (HB)	35	80	110	-	45	-

* por cada °C

Propiedades físicas típicas

Aleación	Temple	Densidad	C.D.L.	R.F.	C.T.	C.E.
		(g/dm ³)	(·) [*]	(°C)	(W/m.K)	(%)
1100	0	2,71	23,5	645/658	217	59
1350	todos	2,71	23,6	646/658	229	62
3003	H14	2,73	23,2	640/655	155	41
3105	todos	2,72	23,6	635/655	168	45
5052	todos	2,68	23,8	607/649	135	35

C.D.L. coeficiente de dilatación lineal entre 20° y 100° C R.F. rango de fusión C.T. conductividad térmica a 20° C C.E. conductividad eléctrica % del IACS

* por cada °C

Propiedades mecánicas típicas

Aleación	Temple (MPa)	L.R.T. (MPa)	L.F. (MPa)	L.R.C. (MPa)	L.R.F. (%)	E. (HB)	D.B.
1100	0	90	34	62	34	35	23
	H12	110	103	69	41	12	28
	H14	124	117	76	48	9	32
	H16	145	138	83	62	6	38
	H18	165	152	90	62	5	44
1350	0	93	28	55	-	-	-
	H12	97	83	62	-	-	-
	H14	110	97	69	-	-	-
	H16	124	110	76	-	-	-
3003	0	110	41	76	48	30	28
	H12	131	124	83	55	10	35
	H14	152	145	97	62	8	40
	H16	179	172	103	69	5	47
	H18	200	186	110	69	4	55
3105	0	117	55	83	-	-	-
	H12	152	131	97	-	7	-
	H14	172	152	103	-	5	-
	H16	193	172	110	-	4	-
	H18	214	193	117	-	3	-
5052	0	193	90	124	110	25	47
	H32	228	193	138	117	12	60
	H34	262	214	145	124	10	68
	H36	276	241	159	131	8	73
	H38	290	255	165	138	7	77

L.R.T. límite de resistencia a la tracción L.F. límite de fluencia L.R.C. límite de resistencia al corte
L.R.F. límite de resistencia a la fatiga E. elongación en 50 mm D.B. dureza Brinell 500kg bola 10mm

Propiedades químicas

COMPOSICIÓN QUÍMICA											
Aleación	Silicio (Si)	Hierro (Fe)	Cobre (Cu)	Manganeso (Mn)	Magnesio (Mg)	Cromo (Cr)	Cinc (Zn)	Titanio (Ti)	Otros		Aluminio (Al)
									c/u	total	
1050	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,03	0,03	-	99,50
1070	0,20	0,25	0,04	0,03	0,03	-	0,04	0,03	0,03	-	99,75
1100	Silicio (Si) + Hierro (Fe) = 0,95		0,05 - 0,20	0,05	-	-	0,10	-	0,05	0,15	99,00
1145	Silicio (Si) + Hierro (Fe) = 0,55		0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,03	0,03	-	99,45
1350	0,10	0,40	0,05	0,01	-	0,01	0,05	-	0,03	0,10	99,50
3003	0,60	0,70	0,05 - 0,20	1,00 - 1,50	-	-	0,10	-	0,05	0,15	resto
3105	0,60	0,70	0,30	0,30 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20	0,40	0,10	0,05	0,15	resto
5052	0,25	0,40	0,10	0,10	2,20 - 2,80	0,15 - 0,35	0,10	-	0,05	0,15	resto
8006	0,40	1,20 - 2,00	0,30	0,30 - 1,00	0,10	-	-	0,10	0,05	0,15	resto
8011	0,50 - 0,90	0,60 - 1,00	0,10	0,20	0,05	0,05	0,10	0,08	0,05	0,15	resto
8112	1,00	1,00	0,40	0,20 - 0,60	0,30 - 0,70	0,20	1,00	0,20	0,05	0,15	resto

CAPITULO III: EL PROCESO DE LAMINACIÓN DE ALUMINIO

Para elaborar el manual de defectos de laminación resulta fundamental conocer con precisión tanto el proceso como las variables involucradas y los cambios que conlleva su variación.

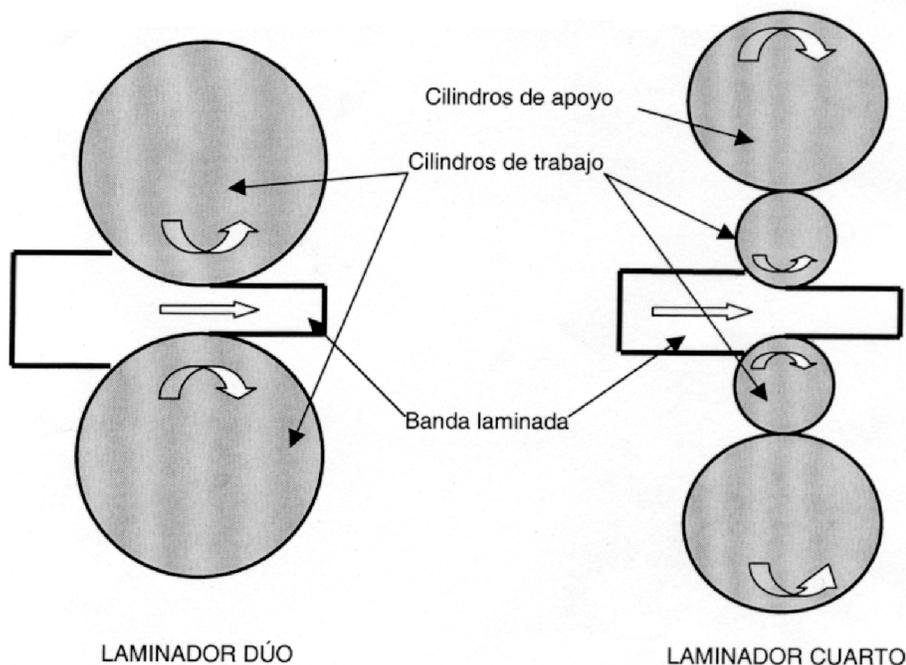
A continuación se presenta un resumen del análisis de la bibliografía consultada.

Teoría de laminación:

Para hacer más sencillo la interpretación de cómo funciona el proceso de laminación en la planta Aluar Div. Elab. es que se hará un breve resumen de la teoría de laminación.

La definición del proceso de laminación consiste en una deformación plástica donde se reduce el espesor de un material por efecto del pasaje del mismo a través de dos cilindros que rotan.

Dentro de los laminadores existen varias disposiciones de cilindros para realizar distintos tipos de reducciones sin sobre esforzar los cilindros. Es por esto que se muestran los dos modelos que se utilizan en la planta:



Como el proceso consiste en la reducción de una de las dimensiones, y como no existe pérdida de material, la antes mencionada reducción de espesor es proporcional a un aumento en la longitud, sin que halla una variación significativa del ancho.

Las láminas de aluminio se clasifican según su espesor en:

Chapones: espesores de 6.35 – 200 mm.

Chapas: espesores de 0.15 – 6.35 mm.

Hoja delgada o foil: espesores de 0.00635 – 0.15 mm.

El proceso:

Una tira de espesor H_1 ingresa a los cilindros a una velocidad V_1 y los deja a una velocidad mayor V_2 , y con un espesor H_2 , los cilindros rotan con una velocidad periférica V la cual es intermedia a ambas.

Existen además dos fuerzas principales actuando sobre la tira que se está laminando. Una es la carga aplicada para forzar a los cilindros a permanecer en su posición, y tiene un valor P en un cierto punto de la superficie del cilindro. La segunda fuerza se debe a la fricción entre los cilindros y la banda del material. Esta actúa en una dirección tangencial a la superficie del cilindro y tiene además otra componente que actúa a lo largo del espesor de la tira. Teniendo en cuenta esta combinación de fuerzas, el esfuerzo actuante a través del espesor depende de la carga aplicada a los cilindros y las fuerzas de fricción desarrolladas en la zona de entrada o mordida del cilindro (roll-bite).

Debido a que los cilindros giran a una velocidad periférica intermedia entre las velocidades de entrada y salida, existe un punto en el roll-bite que el metal se mueve a la misma velocidad que los cilindros, este punto se llama punto neutro. En todos los puntos entre la entrada y el punto neutro el material se mueve más lento que los cilindros, más allá del punto neutro se da la inversa. Una forma de interpretar el efecto, es que el metal que entra al roll-bite es empujado hacia el punto neutro por la fricción en la superficie del cilindro. Después de éste, al metal que sale del bite se le opone la

fuerza de fricción. Como el metal entre el punto neutro y la salida se mueve más rápidamente que los cilindros se dice que el material es extruido desde el punto neutro. La fricción aumenta hasta un valor máximo en el punto neutro donde no hay movimiento relativo entre la banda y los cilindros. Más allá del punto neutro la fuerza de fricción cambia de dirección tendiendo a llevar al material hacia el punto neutro.

Variables de laminación:

Resulta imprescindible reconocer las variables más importantes del proceso y el modo en que influye su variación para lograr una real comprensión del tema, aspecto que resulta fundamental para la elaboración del manual, y el análisis de falla:

- Un aumento en la velocidad de laminación produce un aumento del espesor de lubricante, disminuyendo la fricción y reduciendo el espesor del film.
- La disminución de la viscosidad del lubricante (cambio de la composición química) disminuye el espesor del film lubricante aumentando la fricción y con ello el espesor.
- Un aumento de la temperatura de entrada disminuye la viscosidad del lubricante aumentando la fricción y con ello el espesor.
- Un aumento en la rugosidad de la superficie de los cilindros disminuye la lubricación hidrodinámica aumentando la fricción. Esto implica un aumento del espesor del film.
- Un aumento en la tensión de entrada reduce la presión de cilindros a la entrada del laminador, esto involucra un aumento de la cantidad de lubricante que ingresa al laminador, disminuyendo la fricción y con esto el espesor del film de aluminio.
- La velocidad de salida del foil esta compuesta por la velocidad de la superficie de los cilindros más un factor de extrusión (proveniente de la deformación de la lamina de aluminio) que en bajos espesores (menos de 40 micrones) puede llegar a 35 – 40 % de la velocidad de la superficie de los cilindros.
- Aumentando el coeficiente de fricción a través de un aumento en la viscosidad por ejemplo, se incrementa el efecto de extrusión moviendo el punto neutro más hacia la entrada.

- Parámetros que aumentan el coeficiente de fricción
 - Disminución de la cantidad de lubricante
 - Aumento de la fricción del lubricante a través de:
 - menor contenido de aditivos
 - aceite base de menor viscosidad
 - utilizar ácidos en ves de ésteres o alcoholes como aditivos.
 - Disminuir la viscosidad aumentando la temperatura del lubricante
 - Minimizar aumentos de viscosidad evitando la contaminación (por ejemplo con aceites pesados proveniente de sistemas hidráulicos)
 - Terminación de los cilindros:
 - Aumentar la rugosidad (limitado por el aumento del atrapamiento del lubricante por efecto de bombeo (este hecho disminuye la fricción)
 - Reducir el atrapamiento del lubricante usando mayor densidad de picos de rectificación
 - Reducir la temperatura de entrada para incrementar la presión metal – cilindro y reducir el atrapamiento de lubricante
 - Un aumento de la temperatura del lubricante disminuye la polaridad de las moléculas de lubricante y con esto la absorción superficial de lubricante.
 - Disminución del volumen de lubricante aplicado, este hecho aumenta su temperatura con la consecuente disminución de la viscosidad.

CAPITULO IV: MANUAL DE DEFECTOS DE LAMINACIÓN

El objetivo planteado en este trabajo es el de proveer tanto a los ingenieros, como a los supervisores y los operarios una descripción detallada de los defectos más frecuentes en cada uno de los pasos de laminación desde la fundición hasta el embalaje. Así como su causa y medidas a tomar para evitar su aparición.

Para la realización de este manual se pensó cuidadosamente acerca del formato que debería adoptar ya que:

- Ø Debe estar almacenado en la red interna de la empresa para que pueda ser consultado desde cada una de las computadoras de los centros de costos.
- Ø Al tratarse de una numerosa cantidad de defectos el formato debe ser “amigable” con el operador, evitar que su consulta sea un trabajo engorroso.

Con lo cual se optó por la creación de un documento para cada tipo de defecto y una página principal conteniendo el listado general. En esta página se encuentran los hipervínculos que conectan con las fichas correspondientes.

Este manual contiene información de 140 tipos distintos de defectos. Cada una de las fichas contiene una descripción, la causa del defecto y las acciones a tomar para evitar su aparición o darle solución una vez que ya ha aparecido.

Además cada ficha contiene una o varias fotos donde se visualiza el problema, teniendo en cuenta que es de vital importancia el reconocimiento del defecto y su inmediata clasificación para poder denunciarlo ante quién corresponda o poder tomar medidas correctivas.

Estas fotos fueron obtenidas en el proceso, mediante una cámara digital o en el laboratorio, tomándolas en el microscopio con aumentos de 50X 100X 200X 500X y hasta 1000X en algunos casos, esto fue posible pues se hallaban a nuestra disposición todas las máquinas de ensayos del laboratorio, el microscopio y la lupa (20X).

En algunos casos las imágenes fueron modificadas por computadora para poder obtener una mejor definición del defecto.

Para la revisión final del contenido se contó con la participación de los ingenieros Oscar Turun Barrere y Marcelo Godoy. Este paso resulta sumamente necesario teniendo en cuenta que:

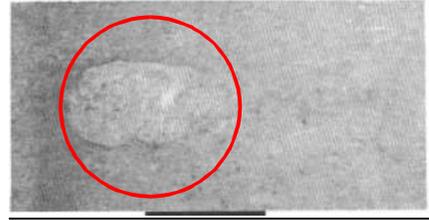
- Dichas personas trabajan en planta y poseen un amplio conocimiento del tema.
- En algunos casos la información presentada poseía un nivel de análisis demasiado técnico, lo que podía resultar inadecuado de no realizar ciertas modificaciones para que el contenido pueda ser entendido por los operarios de planta.

A continuación se presentan en orden alfabético las fichas del manual presentado:

ABOLLADURA DE CILINDRO

Descripción: Decoloración o disturbio localizado en la superficie final causada por un área deformada en el rollo de trabajo, son marca repetitivas a una distancia igual al perímetro de cilindro. Son marcas más bien cilíndricas que elípticas. Estas marcas no son perceptibles al tacto pero se distinguen en la superficie como una imperfección en el color. Este defecto no tiene influencia sobre las propiedades mecánicas de la banda y debe ser considerada como un defecto de apariencia.

Causa: El defecto en la superficie laminada es causado por el pegado de una partícula en la superficie del cilindro de trabajo. Dicha partícula es casi siempre causada por hojuelas de metal que son laminadas entre los cilindros de apoyo y los de trabajo o entre el



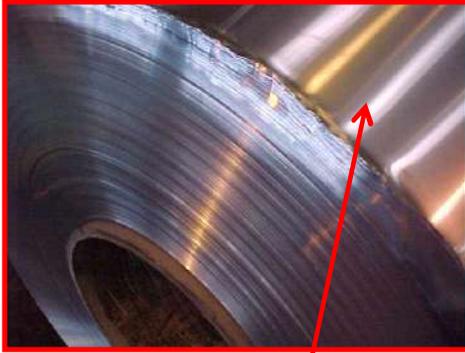
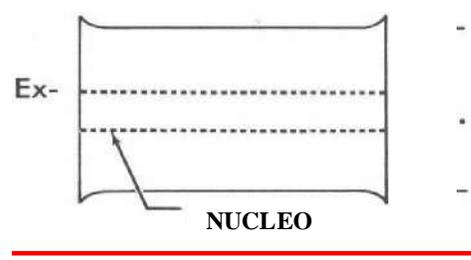
material a laminar y los cilindros de trabajo. El trozo de metal genera una concentración de tensión que causa en el acero una deformación plástica.

Solución: la causa del defecto solo puede ser removida por rectificado del cilindro bruse. Aunque, las marcas serán removidas por los siguientes pasos de desbastado, salvo que el defecto sea lo suficientemente severo ninguna otra medida puede ser tomada

ACAMPANADO

Descripción: Incremento de material en los bordes generando una discontinuidad en la planitud.

Causa: Puede ser causado por doblado del borde o rebaba generada durante el refilado. A consecuencia de esto se incrementa el espesor del bobinado en el borde visualizándose un efecto de acampanado.



Solución:

- ◆ Revisar cruce de cuchillas.
- ◆ Verificar eficiencia de la lubricación del refilado.



ACEITE EXCESIVO

Descripción: Se observa una banda de aceite en forma continua que se extiende paralela a la dirección de laminado.

En el caso de quedar aceite retenido se observan ampollas.



Causa: Se puede deber a varias razones:

- Mal cierre de los cilindros de trabajo dentro del laminador generando una zona de exceso de aceite que no puede ser extraído de la banda por los sopladores. Este mal funcionamiento de los cilindros puede deber a una disparidad de la superficie de los cilindros como mayor longitud de chamfer (chanfle).



- Mal funcionamiento de los sopladores de la mesa de salida del laminador, ya sea por falta o exceso de flujo de aire contra la banda.
- Problemas en los raspadores de los cilindros de trabajo.

SOLUCION: Realizar controles periódicos de las bocas de los sopladores, elegir los cilindros con mayor similitud en su geometría, teniendo cuidado con los materiales de mayor ancho.

AMPOLLAS

Descripción: Elevación en la superficie del metal. Existen dos tipos de defectos de esta clase: **INTERFACE:** Se producen en la interface en los productos de clading, que se puede generar por quedar atrapado material extraño entre las capas como aceite u otras sustancias volátiles. Este tipo de burbuja se diferencia de las de núcleo en que las propiedades mecánicas no se ven afectadas en gran medida.



NUCLEO: es una protuberancia en la superficie del metal causada por la expansión de gas en centro del material, esta condición puede afectar en forma negativa e ir en deterioro de las propiedades mecánicas y físicas de la zona afectada. **NO DEBE CONFUNDIRSE CON MARCAS DE CILINDRO.**

Causa: los blisters son causados por la expansión de gases en huecos en la placa colada. Durante



la laminación el bulto del blister es reintroducido en el metal pero normalmente no logra un soldado completo del metal lo que causa que el tope se abra durante el temple y se rompa durante el laminado dándole una apariencia de “slivers” o escamas. En los productos de clad, los blisters se pueden generar a partir de una mala soldadura de la capa protectora sobre la placa, generando la los llamados “blisters de interface”.

Solución: Un mejor control en la colada en términos de filtrado y desgasificado. Mayor profundidad en las pasadas de la fresadora. Rechazar placas con blisters de gran tamaño.

Buena limpieza para prevenir atrapes de suciedad, aceites entre placa para clading.

Evitar retrasos prolongados entre la fresada y el calentamiento para la laminación en caliente.

ANILLOS ANULARES

Descripción: Es posible observar un corte mitad mate, mitad brillante con anillos típicos de desbalanceo de cuchillas

Causa: Cabezal con juego axial y o radial. Separadores golpeados.

Solución: Revisar periódicamente el estado del cabezal portacuchillas.



ARRUGAS

Descripción: Una aguda desviación de la forma plana de la banda a consecuencia de un exceso de material en forma localizada.

Aspecto Exterior: Material solapado o plegado sobre si mismo en cualquiera de los sentidos respecto al de laminación.

Causa: Una excesiva desviación de Planitud o variación de la tensión de la banda.

Defecto Asociado:

Planitud, Variación de tensión, Rodillo Pisador Deformado o conjunto tubo/eje excéntrico.

ARRUGA LAMINADA:

Definición: Arruga generada bajo los cilindros de laminación

Aspecto Exterior: Normalmente arruga inclinada respecto al sentido de laminación, en la que se aprecia rotura localizada del material.

Causa: Es consecuencia de la Planitud de la pasada anterior o inadecuada tensión de desenrollado.

Defecto Asociado:

Puede producir cortes durante el proceso de laminación.

ARRUGA POR EMPALME ARRUGA SOBRE CAÑO LAMINADOR:

Definición: Arruga generada al inicio del bobinado sobre caño o posterior al corte de un rollo.



Aspecto Exterior: Irregularidad localizada o generalizada desde el inicio del bobinado que progresivamente van disminuyendo hasta su desaparición.

Causa: Es consecuencia de un exceso de desviación de Planitud (hasta 5 mm posterior al caño o empalme, o por copia del defecto pasada esa medida), insuficiente tensión de bobinado o deficiente regulación de pisador.

ARRUGA PISADOR LAMINADOR:

Definición: Arruga generada en forma longitudinal. por una deformación localizada o desalineación del pisador.

Aspecto Exterior: Protuberancia longitudinal ubicada en cualquier lugar de la banda.

Causa: Generada por una deformación localizada o desalineación del pisador.

ARRUGA POR PLANITUD:

Definición: Arruga por exceso de material.

Aspecto Exterior: Generada en forma periódica en correlación con el exceso de material.

Causa: Exceso de material que no puede ser absorbido por la tensión o por el pisador de la Máquina.

ARRUGA SOBRE TUBO REFILADORA:

Definición: Arruga generada al inicio del bobinado sobre Tubo.

Aspecto Exterior: Irregularidad localizada o generalizada desde el inicio del bobinado que progresivamente van disminuyendo hasta su desaparición.

Causa: Es consecuencia de un exceso de desviación de Planitud (hasta 5 mm posterior al caño o empalme, o por copia del defecto pasada esa medida), insuficiente tensión de bobinado, deficiente regulación de pisador o excentricidad eje/tubo.

ARRUGA PISADOR REFILADORA:

Definición: Arruga generada en forma longitudinal. por una deformación localizada o desalineación del pisador.

Aspecto Exterior: Protuberancia longitudinal ubicada en cualquier lugar de la banda.

Causa: Generada por una deformación localizada o desalineación del pisador.



BANDAS BLANQUECINAS

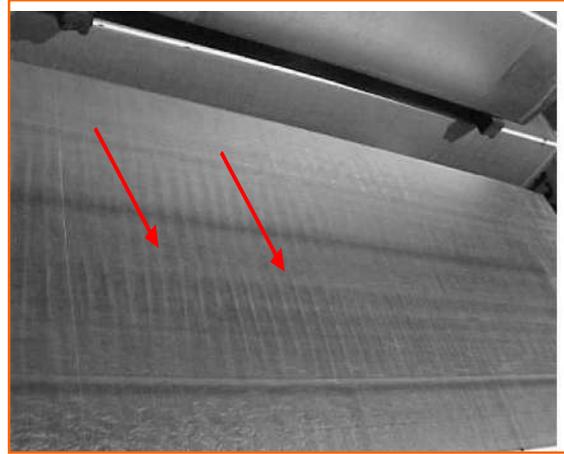
Descripción: Aparecen longitudinalmente en caras y bordes de la placa por deposición de sarro sobre la superficie.

Causa: Enfriamiento deficiente o no uniforme por lingotera sucia o en mal estado.

Límites de Aceptación y Rechazo:

La Presencia de este defecto no será causal de rechazo.

Su aparición pone en manifiesto la necesidad de inspección y limpieza de la lingotera.

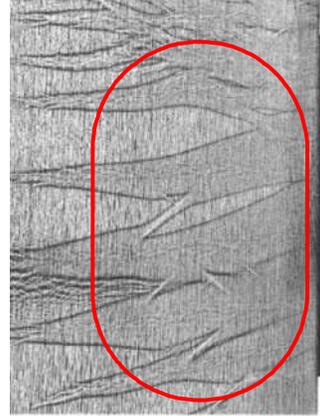


Solución: Controlar lingotera (limpieza y estado general de la misma)

BANDAS DE LÜDERS TIPO A

Descripción: Marcas de deformación estrechas que son conocidas como “flamboyant” ya que no siguen un patrón regular y aparecen como curvas vivoreantes o en formas geométricas irregulares. el defecto solo puede ocurrir en deformaciones bajas del orden del ½ al 1 % en aleaciones Al-Mg; durante cualquier proceso de tensionado y normalmente es muy localizado.

Causas: Deformación plástica localizada que resulta de una de una fluencia no uniforme. Son comunes en procesos de obtención de planeidad como estirado.



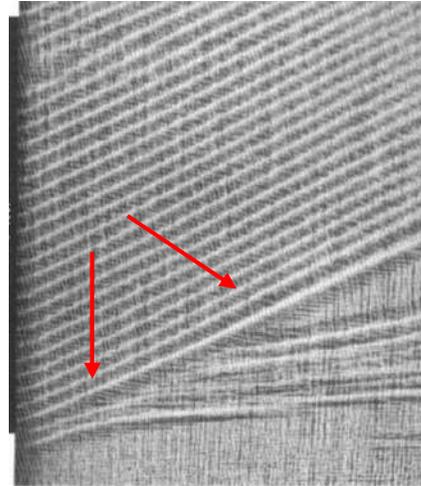
Solución: Reducir el tamaño de las precipitaciones en los bordes de grano con un templado después de los tratamientos de recocido y evitar tratamientos de envejecimiento a baja temperatura. Deformar un 2-3% durante la fluencia inicial. Ajustar la reducción durante el laminado en frío entre los recocidos para obtener un tamaño de grano medio de 0.04 mm aproximadamente.

BANDAS DE LÜDERS TIPO B

Descripción: Se observan durante el estirado del chapon de aluminio, utilizando tensiones que se encuentran considerablemente por debajo del punto de fluencia. Raramente aparecen en operaciones de conformado comerciales, pero pueden ser halladas en algunas aleaciones tratadas termicamente que son estiradas.

Causa: Son causadas durante el conformado de chapas de aleaciones de aluminio magnesio recocidas.

Solución: Estirar chapas en H32 o H 31 o hacer el estirado en caliente

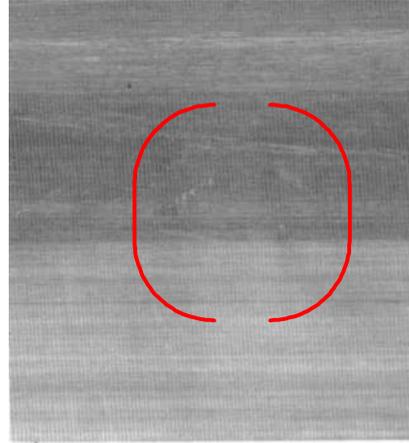


MARCA DE ANCHO DE BANDA

Descripción: Una clara demarcación de color en la banda, con un cambio de color del borde de la banda a negro u oscuro.

Causa: El cambio color se genera por una transferencia desde los cilindros de trabajo debido a un incremento en el ancho de la bobina a pasar.

Solución: Planificar las pasadas en los laminadores de manera de ir de anchos más grandes a más chicos



BOCA DE COCODRILO

Descripción: Extremo de placa no soldado por la presencia de oxido. La impresión que genera es la de una boca de lagarto.

Causa: Debido a la no uniformidad en la distribución de la deformación en el espesor, las capas externas toman mayor longitud que la zona interna, esto combinado con el extremo de placa oxidado termina generando un pliegue no soldado.

Solución:

- Este defecto se minimiza por el aserrado o guillotinado de las



puntas de placa antes del laminado

BORDES COLAPSADOS

Descripción: Defecto lineal múltiple que sigue una dirección radial y que se presenta normalmente en el inicio del bobinado o posterior a un empalme.

Causa: Bobinado flojo causado por defecto de planitud o desbalanceo del conjunto eje bobina.

Solución:

- Mejorar la planitud o descarte parcial de material previo al bobinado.
- Revisión de ejes y tubos, control de vibraciones



BORDES CON PELUSAS

Descripción: Bordes de las bobinas con material en exceso que sobresale en forma de pastos o pelos.

Causa: Estos cortes se deben a problemas en las cuchillas de corte, a causa de movimientos de las cuchillas, cuchillas rotas o con falta de filo.

Solución: Mantenimiento y control periódico de las cuchillas y contra-cuchillas del sistema de refilado.-

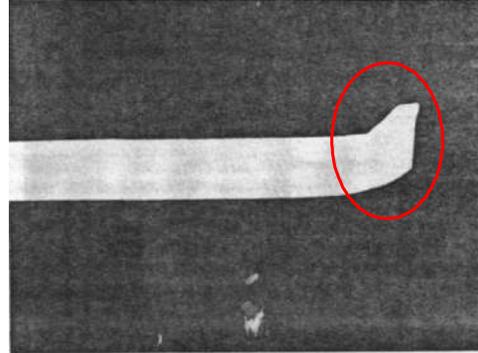


BORDES CON REBABAS

Descripción: Defecto específico de borde evidenciado como un filo agudo.

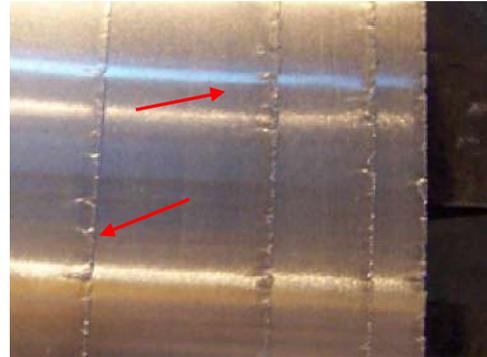
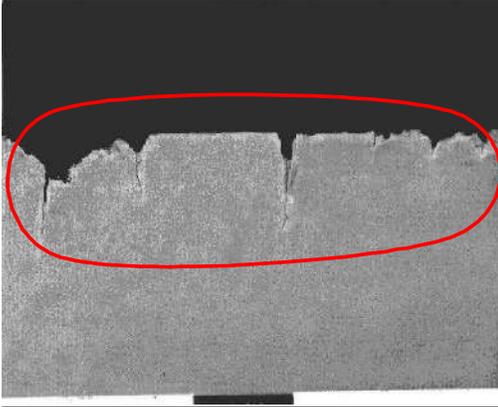
Causa: Cuchillas de refile o cizalla que se encuentran desafiladas.
Inadecuado cruce entre cuchillas.
Insuficiente lubricación en el corte.

Solución: Control del estado de las cuchillas, ajuste en las distancias entre cuchilla y contra cuchilla.
Mejorar lubricación en el corte.



BORDES CON TAJOS

Descripción: Bordes arrugados, aserrados, rotos o resquebrajados de productos laminado. Las fisuras solo penetran normalmente muy poco desde el borde, y la zona afectada es a veces de color gris o blanca.



∨ Presencia en porcentajes elevado de elementos químicos tales como Na, Pb, Bi.

- Exceso de reducción durante el laminado en frío,

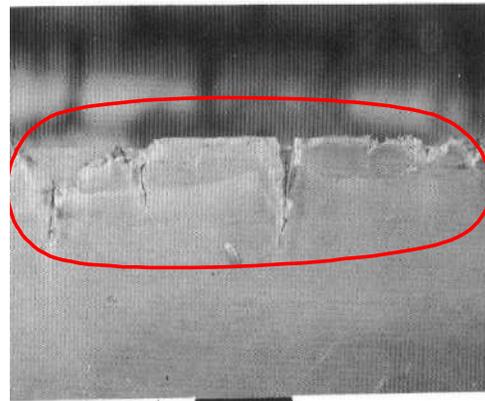
Solución:

- Revisión del ciclo térmico de precalentado.
- Control de la composición química en el proceso de fusión y colada.
- Disminución de la reducción en frío.

Causa:

- Durante el laminado en caliente las superficies de las placas son conducidas en forma transversal hacia los laterales de la placa. Durante pasos subsecuentes de laminado estos bordes extendidos son sujeto de tensiones extras (los bordes la estar más fríos que el centro de la placa sufre como factor extra la tensión impuesta por la deformación del centro de la placa)
- Fragilidad en caliente generada por:

∨ Exceso de temperatura durante el tratamiento de precalentado, que genera oxidación o fusión en borde de grano.

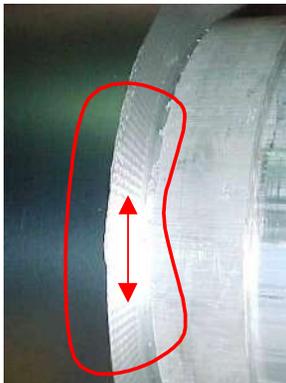


BORDES FACETADOS POR ALAS DE REFILE

Descripción: Son ondulaciones de baja frecuencia en los bordes de la banda que asemejan un defecto radial.

Causa: Insuficiente tensión de entrada al refilado.
Ancho excesivo de refile.
Vibración por excentricidad en el eje de bobinado.

Solución: Incrementar tensión de desbobinado.
Disminuir ancho de refile.
Iniciar bobinado a menor velocidad.
Eliminar tubos excéntricos.

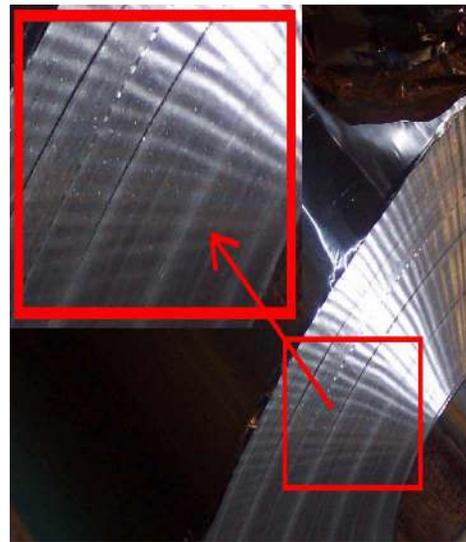


COLAPSADO TRANSVERSAL FOIL

Descripción: Ondulaciones en forma transversal al borde de la bobina, que se internan en el ancho del material dependiendo de la severidad de la ondulación (profundidad, ancho).

Causa: Se puede generar por alas de refilado (vibraciones entre la cuchilla y contra cuchilla) o de planitud, eje descentrado del bobinador, movimientos de vibración. U otra causa que genere un bobinado flojo.

Solución: Evitar el movimiento relativo entre la cuchilla y contra cuchilla, realizar controles en el centrado de los ejes, mantener buena planitud en la banda para evitar alas. Aumentar tensión de bobinado desde el inicio del proceso.

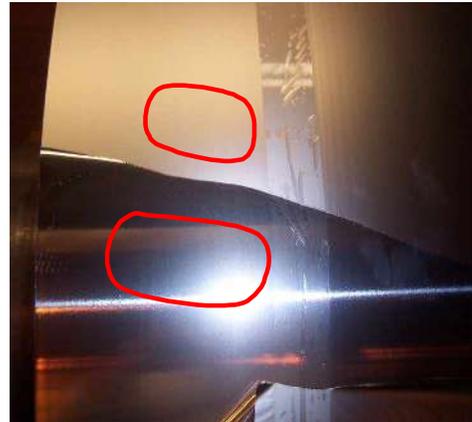


COLOR

Descripción:

Cara mate: Superficie granulada tipo lechosa, carente de brillo que ocurre en la cara interior de los productos de foil doblados. Esta está compuesta por millares de pequeñas corrugaciones. También aportan a la apariencia de esta cara la viscosidad del aceite de doblado, en tamaño de grano del producto laminado, reducción dada al pase doble.

Causa: La cara mate es consecuencia de realizar la práctica de laminado doble en el pase final de foil.



Solución: Esta característica en la superficie no debe considerarse como un defecto sino una particularidad del proceso

CORDONES

Descripción: Ondulaciones leves en sentido paralelo a la dirección de laminación o en forma espiralada, es un defecto que se observa luego que la banda pasa el rodillo pisador y es bobinada.

Causa: Este defecto se debe a desviaciones en la planitud durante el laminado, esto se puede deber a problemas de calentamiento de los cilindros causando que el material en ciertos sectores se encuentre deformado en forma excesiva, ejemplo: pico tapado en el

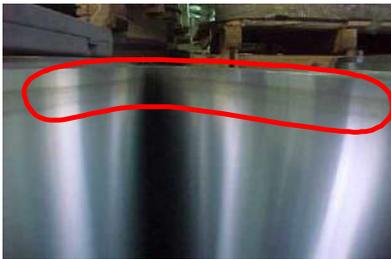
laminador. Si la deformación puntual es mayor pueden generarse arrugas en el material.

Solución: Mantener un buen control sobre la planitud del producto, controlando la temperatura de los cilindros para no generar deformaciones excesivas en la banda. Control de un correcto funcionamiento de los picos rociadores. No utilizar pisadores con deformaciones localizadas.



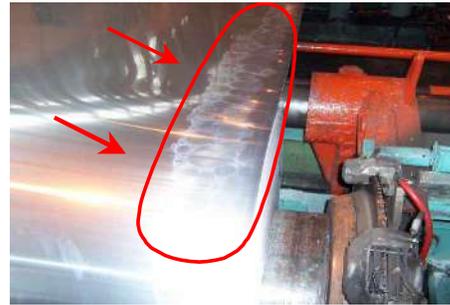
CORROSIÓN:

Descripción: Deterioro de la superficie del material por reacción química o electroquímica con el ambiente circundante. Hay ataques que presentan diferente intensidad y coloración, esto depende de la agresividad del ataque que esta dado específicamente por la cantidad de agua en contacto con el aluminio y el tiempo transcurrido.

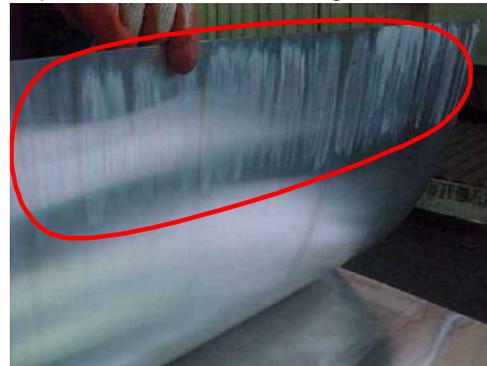


Oxido por mancha de agua:

Superficie oxidada, en ausencia de circulación de aire, sucede una reacción entre la superficie del material con el film de agua. Es común que suceda entre espiras de un rollo. Los depósitos de oxido pueden ir en una gama creciente de color desde blanco hasta negro en los casos más severos. Esto puede



comenzar por condensación o bien exposición directa con agua



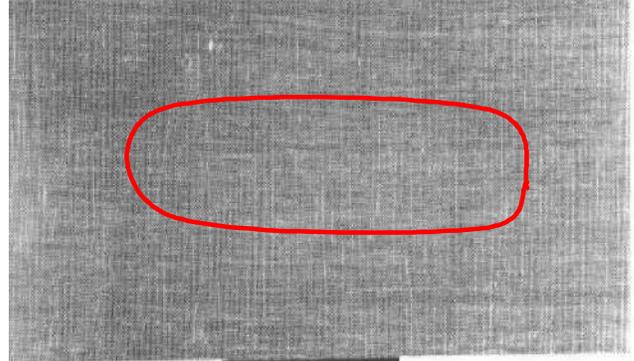
Formas de control: Evitar cambios bruscos de temperatura, mantener en un ambiente seco. El almacenado y embalado del material tiene que poseer un control cauteloso en cuanto a filtraciones. Evitar el embalado de material en caliente, o aumentar el agregado de agente desecante (silica gel).

MICROFISURACION GENERALIZADA “CRAZING”

Descripción: Defecto macroscópico de numerosas rayas delgadas en la superficie, en dirección transversal o paralela a la dirección de laminado, pudiendo ser continuas o bien intermitentes las cuales aparecen cuando el ángulo de entrada en los cilindros de trabajo es grande.

Este defecto suele presentarse en laminados de chapas.

Formas de control: Disminución del ángulo de ingreso, regulando línea de pasada

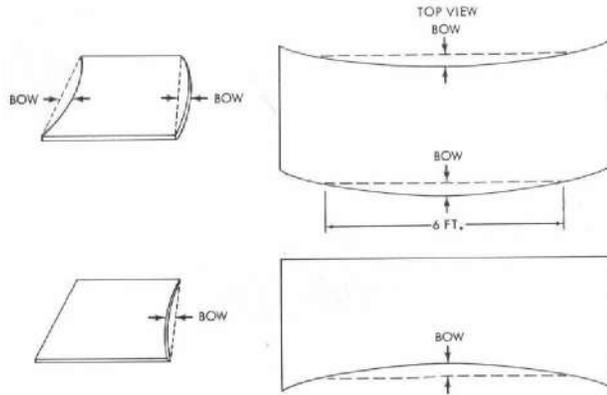


CURVATURA LATERAL

Descripción: Desviación lateral de la banda respecto a una línea recta paralela a la dirección de laminación.

Causa: Falta de paralelismo entre los cilindros de laminación o diferencia de temperatura entre los laterales de la placa. Corte central una banda que presentaba bolsa.

Solución: Nivelar cilindros. Uniformizar temperatura de placa. Evitar bolsas previas al flechado.

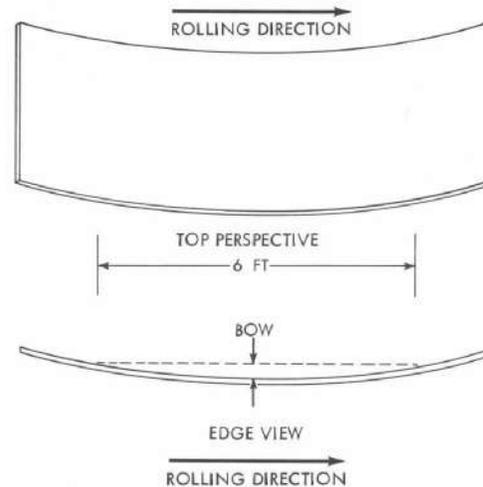


CURVATURA LONGITUDINAL

Descripción: Una curvatura que se genera en la dirección longitudinal y con la concavidad continuando con la de enrollado (coil set).

Causa: Excesiva tensión que genera memoria de bobinado. Excesivo cruce de barras de planchado.

Solución: Disminuir tensión de bobinado. Disminuir cruce de barras de planchado.



LONGITUDINAL BOW—Standard method of measuring.

CURVATURA TRANSVERSAL

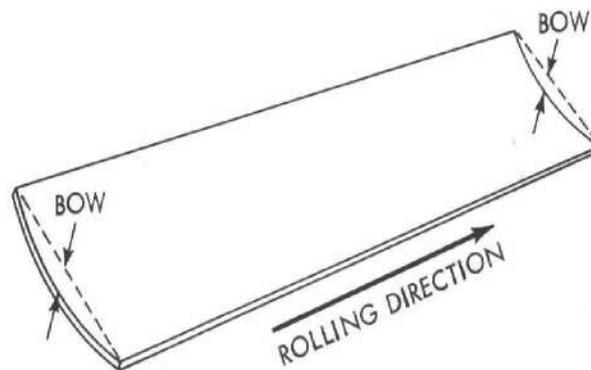
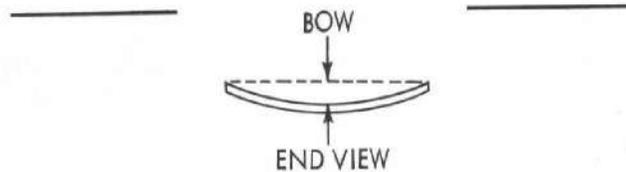
Descripción: Medida de la curvatura en el ancho de la banda y perpendicular a la dirección de laminación.

Este defecto se presenta en chapas y chapones.

Causa: Esta condición puede ser generada durante la reducción o el bobinado del material. En el caso de materiales termotratados puede deberse a diferencia de temperaturas entre las caras al templarse.

Solución: Mejorar sección transversal de la banda laminada, mejor control del perfil.

Aumentar diámetro del spool sobre el que se bobina



DECOLORACIÓN POR OXIDO

Descripción: Decoloración en la superficie producida durante el tratamiento térmico. En casos severos la marca puede aparecer en blanco. El defecto se halla normalmente en los bordes entonces se lo llama “decoloración de borde”.

Causa: Creada por una incompleta evaporación, oxidación de los lubricantes y/o excesiva oxidación en la superficie de la bobina durante el tratamiento térmico. El color puede variar desde marrón oscuro hasta blanco, en este caso es posible encontrar oxidación por presencia de agua. La presencia de Mg puede resaltar de oxidación y causar una mancha verde pálido tornasolada característica.



Solución: En aleaciones comerciales de aluminio el nivel de contaminación por Mg debe estar limitado al orden de un 0.01%. En productos críticos una menor cota debe ser impuesta en la calidad del material.

Templar o recocer en una atmósfera inerte y limitar la temperatura de carga a menos de 360°C es esencial si los contenidos de magnesio exceden 0.03% en las series 2XXX, 3XXX y 5XXX.

Control en la cantidad de lubricante sobre los bordes y control en los contenidos de agua en el lubricante de laminación y en la atmósfera del horno deben ser hechos.

DEFECTOS DE EMBALAJE

- EMBALAJE BASE INADECUADA
- EMBALAJE PAPEL INTERCALADO FUERA DE ANCHO
- ROLLO MOJADO EN EL TRANSPORTE

EMBALAJE BASE INADECUADA

Descripción: este defecto ocurre cuando el material es embalado en una unidad de embalaje distinto al que le debería corresponder. De esta manera se corre el riesgo que el material llegue con algún defecto con el cual no salió de planta, sino que surgió durante su transporte.

Causa: Si la base no es la que corresponde, el material queda expuesto a daños por no encontrarse debidamente protegido.

Solución: el material debe ir en la base que indica la hoja de proceso correspondiente..



EMBALAJE PAPEL INTERCALADO FUERA DE ANCHO

Descripción: este tipo defecto se observa tanto cuando el papel está sobresaliendo de la placa como cuando hay una falta del mismo entre las placas. No es un defecto común de encontrar ya que las bobinas de papel se las prepara junto con el rollo de chapa y se asegura que las medidas sean las mismas. Los problemas que conlleva embalar chapas con papel de menores dimensiones que las del producto son que al moverse las chapas se produzcan rayas en el

material ya que no hay protección entre capas.

Causa: Este defecto es generado por la no coincidencia entre el papel intercalado y la chapa que se está embalando.

Solución: si no hay papel con las medidas requeridas para un producto embalar el mismo con un papel de dimensiones mayores para evitar el contacto entre chapas.

ROLLO MOJADO EN EL TRANSPORTE

Descripción: Es un defecto que se nota por estar el material manchado, los separadores de cartón corrugado húmedos, las bolsas de embalaje mojadas. Este defecto puede generar la no-conformidad del cliente al momento de recibir el material ya que puede estar oxidado, manchado o húmedo.

Causa: El material se puede mojar por ser estibado en lugares húmedos, por filtraciones en el embalaje ya sean roturas de la caja de madera, fisuras en el embalaje plástico, golpes, errores tanto en el manipuleo como en el embalado del producto



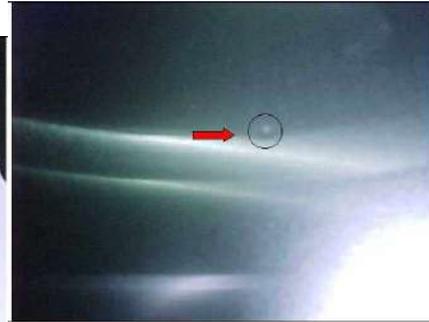
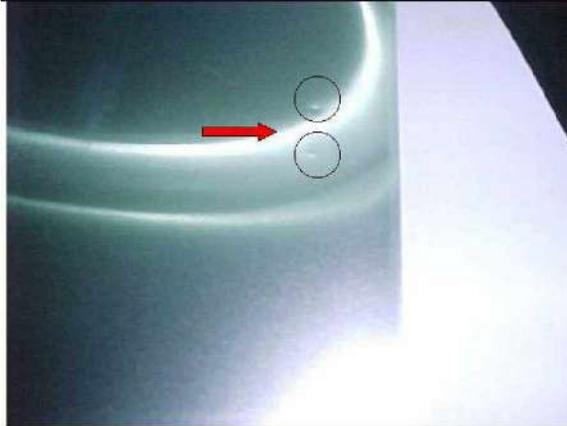
Solución: Evitar cualquier tipo de golpe al producto ya embalado, embalar en material asegurándose de sellar todas las uniones para evitar filtraciones, descartar los empaque rotos. No estibar en lugares húmedos (exterior). No embalar material caliente, mejorar condiciones de embalaje en días de humedad.

DENTICIONES

DESCRIPCION: Improntas agudas y puntuales

CAUSA: provocada por un incrustaciones de partículas en los rodillos.

SOLUCIÓN: Controlar el estado de la limpieza de rodillo. Colocar dispositivo de limpieza en los rodillos.



DERRAMES Y REBABAS O BIGOTES

Descripción: Metal Líquido que escapa entre la lingotera y el block fondo al comienzo de la colada y que al solidificar queda adherido en el encuentro de la base con las caras y bordes de la placa.

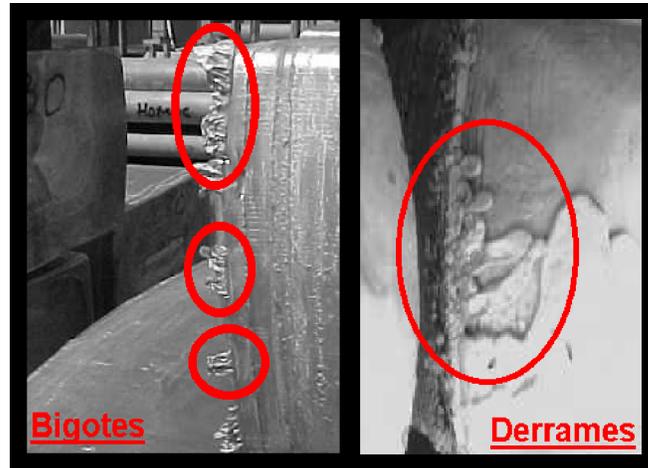
Causas:

- Excesiva luz entre lingotera y block fondo.
- Comienzo anticipado de bajada de mesa.

Límites de

Aceptación: Este defecto deberá eliminarse antes de llegar a la playa de placas

Solución: Controlar los parámetros de colada antes mencionados.



DESGARRAMIENTO LONGITUDINAL EN PLACAS

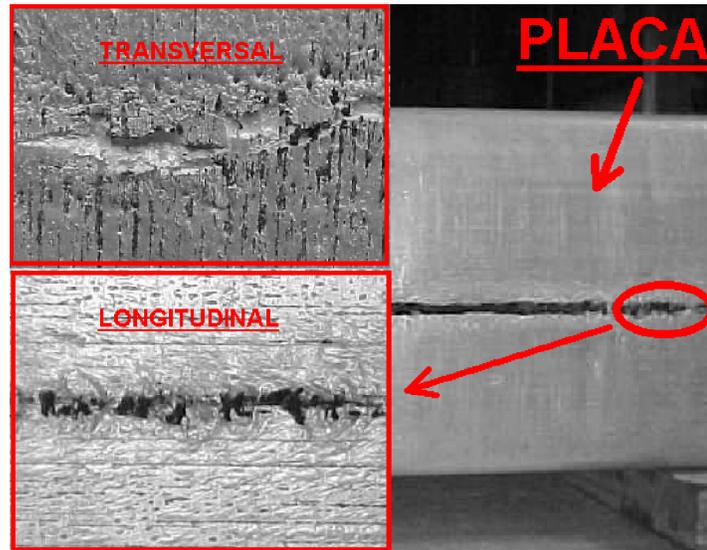
Descripción:

Surcos superficiales en la dirección de colada, tanto en sobre como en bajo relieve, pueden manifestarse conjuntamente con exudaciones negras.

Causas:

- Partículas de escoria atrapadas en la superficie de contacto molde - metal.
- Superficie del molde dañado
- Residuo del lubricante utilizado en el molde

Solución: Control de los parámetros de colada antes mencionados.



Límites de Aceptación:

Estado	Destino Final espesor > a 60 μ	Destino Final espesor \leq a 60 μ
Aprobado	hasta 3 mm de profundidad	hasta 2 mm de profundidad
Retenido	entre 3 y 5 mm de ancho o profundidad	entre 2 y 5 mm de ancho o profundidad
Rechazado	mas de 5 mm de ancho o profundidad	mas de 5 mm de ancho o profundidad

DESGARRAMIENTO TRANSVERSAL EN PLACAS

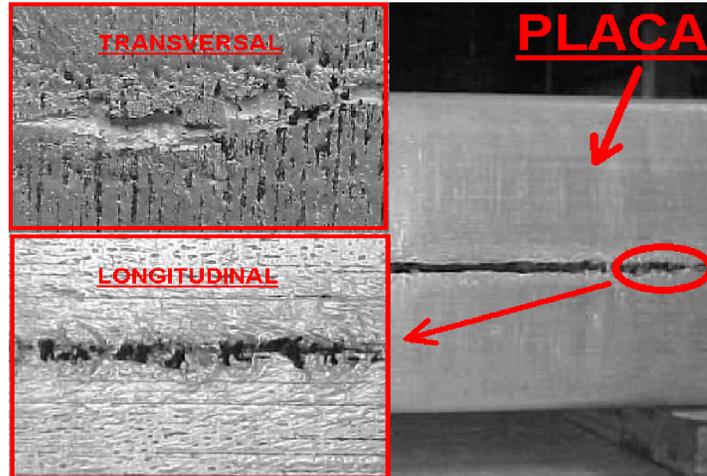
Descripción:

Aberturas transversales a la dirección de colada, que presentan bordes separados y superficie interna en bajo relieve.

Causas:

- Falta de Lubricación
- Superficie de lingotera defectuosa o mal pulida.
- Presión de agua de enfriamiento en defecto

Solución: Control de los parámetros de colada antes mencionados.



Límites de Aceptación:

Estado	Destino Final espesor > a 60 μ	Destino Final espesor \leq a 60 μ
Retenido	Hasta 5 mm de profundidad	Hasta 3 mm de profundidad si D < 100
Rechazado	mas de 5 mm profundidad	Si D > 100 o mas de 3 mm de profundidad

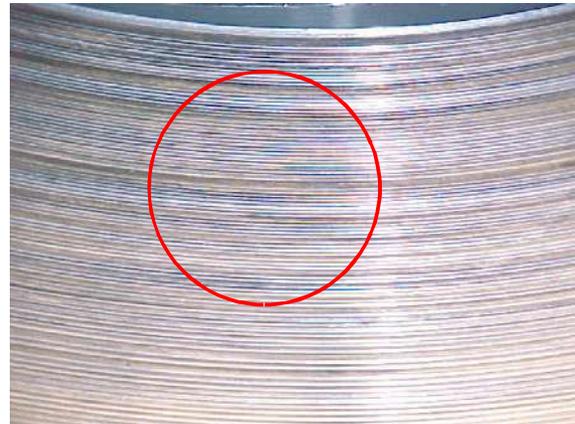
D = Distancia sobre caras y bordes de la placa a partir del final de la base.

ENROLLADO DESPAREJO (ESPIRAS DESPLAZADAS)

Descripción: Desplazamiento transversal de las espiras de una bobina. Que discontinúan la línea de bobinado dejando espiras descubiertas.

Causa: Es el resultado de un mal bobinado, que puede ser generado por movimiento transversal del bobinador respecto del laminador por paradas durante el enrollado, variaciones de planitud, disminución brusca de la tensión de desbobinado o incrementos bruscos de la velocidad de bobinado. Pueden generar engranaduras y cortes ya que al ser sometidas a nuevas tensiones en laminados posteriores es posible que ocurran desplazamientos entre espiras.

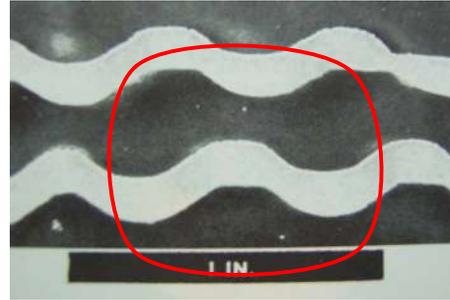
SOLUCIÓN: Mejorar planitud, revisar funcionamiento del desenrollador o enrollador, eliminar causas de paradas



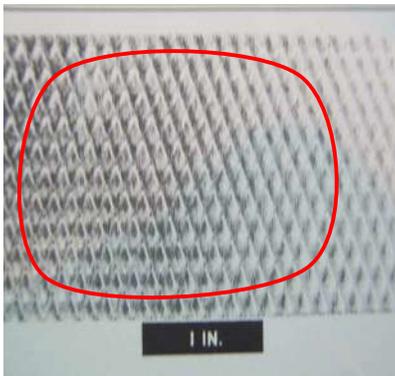
DISREGISTRO DURANTE EL GOFRADO:

Descripción: Distorsión en el patrón de encaste de los rodillos macho hembra durante el gofrado. En casos muy severos, la conformabilidad del metal se puede ver afectada por la localización de reducciones en la sección transversal

Solución: Una buena alineación de fases entre los cilindro macho y



hembra.

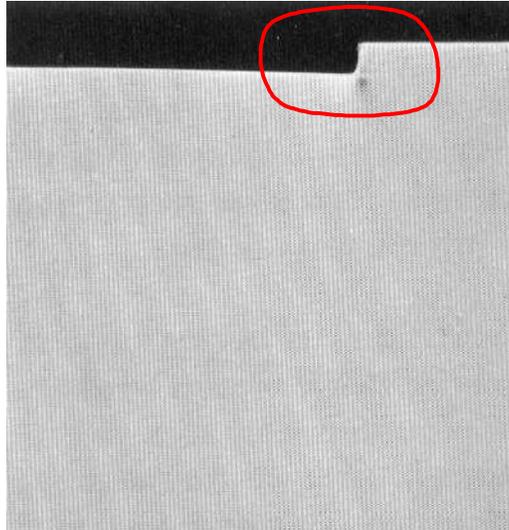


DOBLE CORTE DE GUILLOTINA

Descripción: Una abrupta desviación de la linealidad del borde cortado.

Causa: Corte en guillotina de unas chapa o chapón de dimensiones mayores al largo de la hoja.

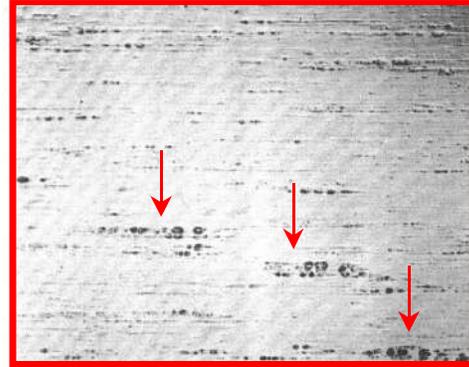
Solución: Trabajar con dimensiones de acuerdo a las guillotinas con las que se cuenta o cortar los extremos con otro método, circular, oxicorte, laser.



EMPASTADURAS DE CILINDRO (PICKUP)

Descripción: Pequeñas partículas de aluminio y óxidos de aluminio generados en el arco de contacto las cuales subsecuentemente pueden ser transferidas al material laminado (también conocido como **pick up**). Pueden estar distribuidas uniformemente y/o en bandas en el sentido de laminado (cuando están laminadas).

Las empastaduras se manifiestan en los productos laminados en muchas formas. Es un defecto muy común de observar en la laminación en caliente como pecas grises o negras desparramadas en forma aleatoria en toda la superficie. En la laminación en frío las empastaduras se manifiestan en forma de líneas delgadas al igual que en foil. Las empastaduras son más visibles luego de un tratamiento de anodizado o en superficies reflejadas.



x 25

Causa: Durante el laminado en caliente pequeños fragmentos de la placa laminada se adhieren a los cilindros de trabajo.

Como los cilindros rotan las pequeñas partículas son enfriadas en forma rápida por el lubricante y el óxido se genera en forma rápida. Las partículas, si no son removidas por los cepillos, vuelven a la superficie de la placa generando las empastaduras. La diferencia de color vista es siempre asociada con la cantidad de óxido y/o de lubricante presente,

Solución: Control sobre los cepillos en el laminado en caliente y una correcta composición del lubricante o emulsión.

En el caso del laminado en frío disminuir la reducción o aumentar la cantidad de aditivos en la emulsión.

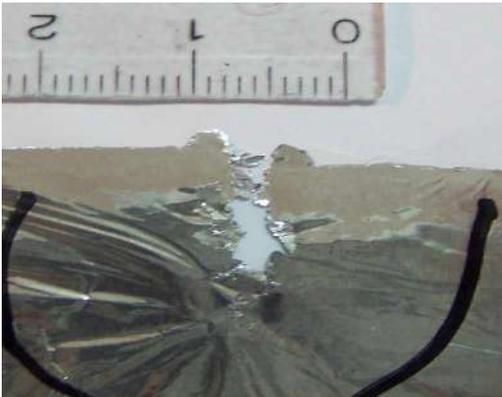
ENGRANADURAS

Descripción: Indentación de diferente tamaño en la superficie, normalmente generada por el desplazamiento relativo entre espiras.

Suele definírsela en función de su origen, por ejemplo: manipuleo, fricción, oscilación, etc..

Internamente en foil se generó la siguiente definición:

Engranadura tipo 1: Son las de mayor tamaño y representa un defecto concentrado que se observa abierto al producirse el corte de banda.



Engranadura tipo 2; Son morfológicamente similares a las de tipo uno pero de menor tamaño, se

asemejan a un corte en “V” sin detectarse faltantes de material.

Engranaduras tipo 3: Conservan la morfología típica de las engranaduras tipo 2 pero es un defecto que se repite sobre una línea paralela al sentido de laminación.



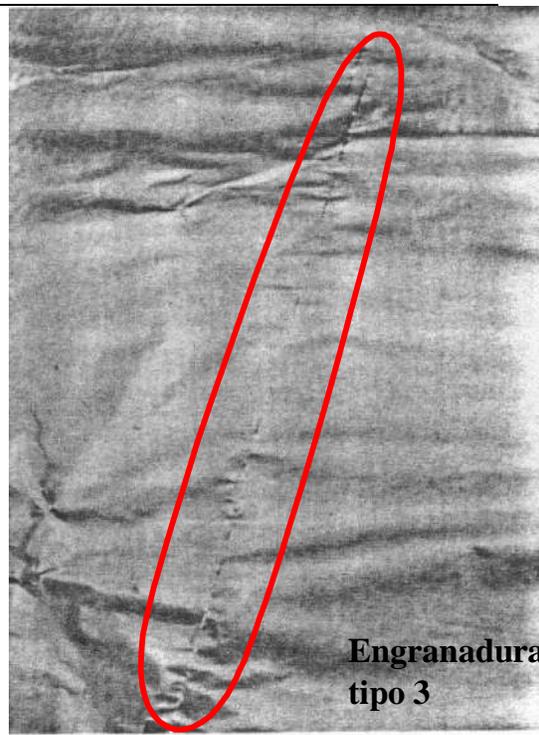
Causa: Generalmente se deben a espiras adyacentes flojas debido al uso de tracciones de enrollado y desenrollado inadecuadas. También pueden deberse a otras situaciones que generen resbalamiento entre espiras, como el desenrollado de una bobina desplazada en la cual se producen fricciones en el sentido transversal (oscilación) a la dirección de laminado.

Solución: Evitar espiras flojas o desplazadas, utilización de adecuadas tensiones de bobinado y desbobinado, asegurar lubricación entre espiras. Eliminar paradas durante el bobinado.

Reparar rodillos que no giran y que se encuentran en contacto con la banda.

Manipular chapas evitando roces.

Engranaduras múltiples no laminadas



ENROLLADO DESPAREJO (ESPIRAS DESPLAZADAS)

Descripción: Desplazamiento transversal de las espiras de una bobina. Que discontinúan la línea de bobinado dejando espiras descubiertas.

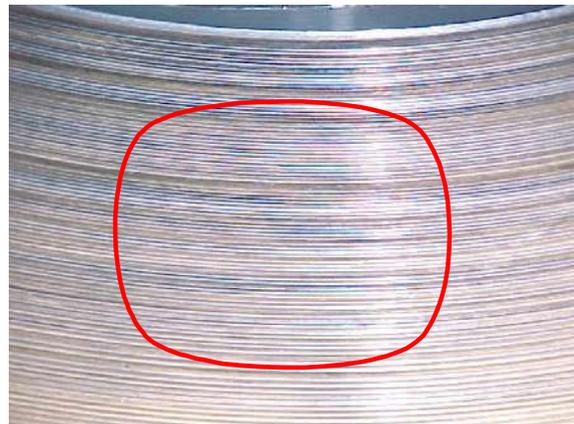
Causa: Es el resultado de un mal bobinado, que puede ser generado por movimiento transversal del bobinador respecto del laminador por paradas durante el enrollado, variaciones de planitud, disminución brusca de la tensión de desbobinado o incrementos bruscos de la velocidad de bobinado.

Caños excéntricos, o con otro defecto geométrico también contribuyen a un bobinado irregular. Ver:

- [CAÑO EXCENTRICO](#)
- [CAÑOS GOLPEADOS](#)

Pueden generar engranaduras y cortes ya que al ser sometidas a nuevas tensiones en laminados posteriores es posible que ocurran desplazamientos entre espiras.

SOLUCIÓN: Mejorar planitud, revisar funcionamiento del desenrollador o enrollador, eliminar causas de paradas



CAÑO EXCENTRICO

Descripción: Diferencia de espesor de pared a lo largo de toda la circunferencia como consecuencia de no coincidir los ejes axiales externo e interno.

Causa: Defecto del caño, el cual se encuentra desviado de su eje axial. Este defecto se observa durante el bobinado, en el cual el caño se

encuentra montado sobre el eje expansible, el conjunto no produce una rotación irregular que impacta negativamente en la realidad.

Solución: realizar un control sobre los caños previo al uso asegurándose que cumpla con los requisitos de la ETM 2001.

CAÑOS GOLPEADOS

Descripción: Abolladuras, deformaciones bruscas en los caños de bobinado de los rollos. Además se pueden ver roturas en las cabezas de enganche de los caños en los conos de los laminadores.

Causa: Golpes en los tubos que generan deformaciones permanentes. Las mismas

producirán perturbaciones la rotar sobre el eje expansible y estas afectarán la calidad del bobinado.



Solución: realizar un control sobre los caños previo al uso asegurándose que cumpla con los requisitos de la ETM 2001.

ESPIRAS FLOJAS

Descripción: Desplazamiento transversal de las espiras de una bobina. Que discontinúan la línea de bobinado dejando espiras descubiertas.

Causa: Es el resultado de un mal bobinado, que puede ser generado por movimiento transversal del bobinador respecto del laminador por paradas durante el enrollado, variaciones de planitud, disminución brusca de la tensión de desbobinado o incrementos bruscos de la velocidad de bobinado. Pueden generar engranaduras y cortes ya que al ser sometidas a nuevas tensiones en laminados posteriores es posible que ocurran desplazamientos entre espiras.

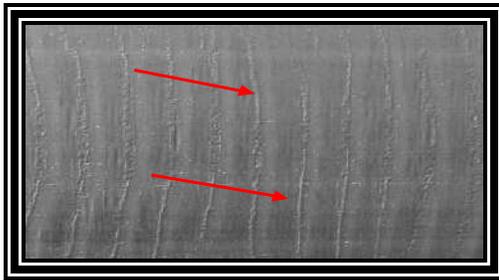
SOLUCIÓN: Mejorar planitud, revisar funcionamiento del desenrollador o enrollador, eliminar causas de paradas



EXUDACIÓN

Descripción: Penetración de la capa externa de la placa causado por metal líquido que se encuentra dentro de la misma. Este tipo de defectos puede presentarse de dos maneras diferentes:

- Formando relieves en forma de granos generalmente aislados entre sí y distribuidos uniformemente sobre caras y bordes de las placas (Graneado).



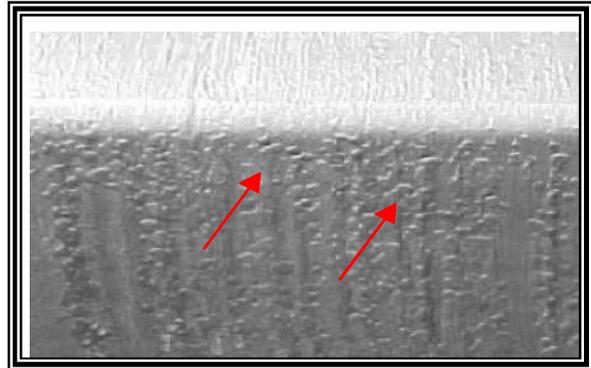
- Formando bandas en dirección transversal a la dirección de colada, con frecuencia cíclica (Exudación Periódica).

Causas:

- Insuficiente volumen de agua de enfriamiento
- Velocidad de Colada muy alta
- Temperatura del metal muy alta
- Pobre distribución de agua
- Altura de cabeza excesiva

Solución: Control de los parámetros de colada:

- Volumen de agua de enfriamiento
- Temperatura del metal.



- Distribución del agua de enfriamiento.
- Altura de cabeza.

Graneado

Límites de Aceptación:

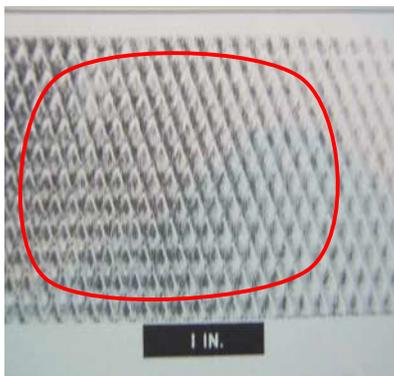
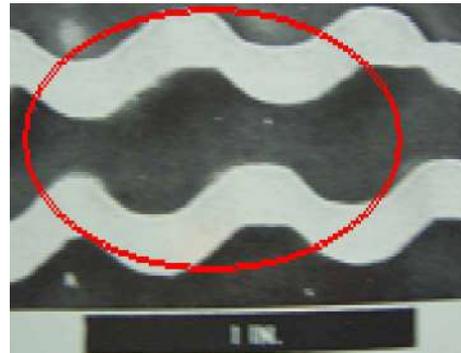
Estado	Destino Final $e > a 60\mu$	Destino Final $e \leq a 60\mu$
Aprobado	hasta 3 mm de profundidad	
Retenido	Entre 3 y 5 mm de profundidad	
Rechazado	mas de 5 mm de profundidad	

Falta de registro en la gofradora:

Descripción: Distorsión en el patrón de encaste de los rodillos macho hembra durante el gofrado. En casos muy severos, la conformabilidad del metal se puede ver afectada por la localización de reducciones en la sección transversal

Solución: Una buena alineación de fases entre los cilindro macho y

hembra.



Líneas de alimentación:

Descripción: Una apariencia estriada que consiste en finas líneas continuas grises, poco espaciadas, que corren en forma paralela a la dirección de laminado.

Causas: El patrón de las marcas es una reimpresión en la banda generada por una línea continua en el cilindro de trabajo, dicha marca es causada por el mal estado de la herramienta del rectificador (malla esmeril). El problema comienza en la incorrecta puesta a punto de la punta de diamante que maquina el herramental de la rectificadora, que

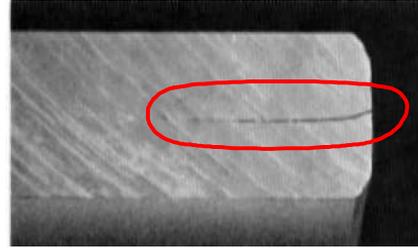
al ser pasada contra los cilindros genera un filete continuo sobre la superficie de trabajo que, dependiendo de la velocidad con la que es pasada en sentido axial, varía el distancia entre filetes.

Solución: Rectificar los cilindros cuando el ancho de la banda a laminar sea mayor a la laminada previamente, pasar los materiales más blandos primero y luego los materiales de mayor resistencia después.

PLIEGUE DE LAMINADO EN CALIENTE

Descripción: Una fisura interna paralela a la superficie de contacto con los cilindros durante la laminación. Esta condición se observa durante la laminación en caliente, más común es que se presente tanto en la cola como en la punta de la placa, también puede aparecer sobre los lados.

Causa: Falta de fresado lateral o posterior eliminación por refilado.



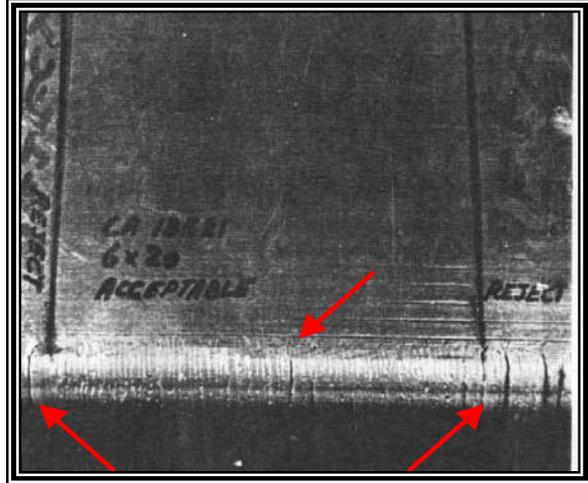
Solución: Fresado lateral o posterior eliminación por refilado.

FISURAS TRANSVERSALES EN BORDES DE PLACAS

Descripción: Pequeñas fisuras transversales a la dirección de colada, ubicadas generalmente cerca de la base sobre los bordes de la placa.

Causas:

- Excesiva cantidad de agua de enfriamiento atrapada entre la base de la placa y el block fondo, que al evaporarse en forma instantánea produce vibraciones (oscilación vertical) del arranque de la placa.
- Diseño del block fondo.



Solución: Controlar los parámetros de colada antes mencionado.

Límites de Aceptación :

Estado	Destino Final esp. > a 60μ	Destino Final esp. ≤ a 60μ
Aprobado	hasta 3 mm de ancho o profundidad	hasta 2 mm de ancho o profundidad
Retenido	entre 3 y 5 mm de ancho o profundidad	entre 2 y 5 mm de ancho o profundidad
Rechazado	mas de 5 mm de ancho o profundidad	mas de 5 mm de ancho o profundidad

FOIL PEGADO

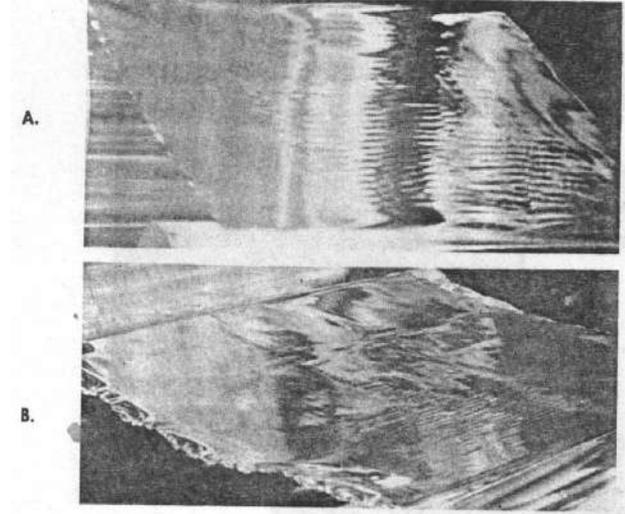
Descripción: El foil no puede desenrollarse en forma libre sino que posee punto o puntos de unión con el foil todavía en la bobina. Los puntos de contacto pueden ser cualquier lugar, en los bordes, en el centro, a lo largo de la banda, a lo ancho.

Causa: Irregularidades en el tensionado del bobinado, restos de aceite que unen las espiras. Exceso de temperatura o de velocidad de enfriamiento en tratamiento térmico.

Solución: Eliminar excesos localizados de aceite previo al recocido.
Disminuir temperatura y /o tiempo de tratamiento térmico.

Disminuir velocidad de enfriamiento y/o calentamiento.

Aumentar el tamaño de la bobina a recocer.



GAS

Descripción: Segregación de gas en el interior del metal que luego de un ciclo térmico se manifiesta en forma de ampollas superficiales. Cuando el material es posteriormente laminado las ampollas se rompen y la superficie presenta exfoliaduras. Los orígenes más comunes provienen de anomalías durante la solidificación del metal (fundición), mal soldado de material placado (limpieza de superficies) y/o excesivo tiempo de ciclo térmico (precalentado y/ u homogeneizado). Estas elevaciones que se generan en la superficie de la placa debido a la acumulación de



gas en las capas adyacentes a la superficie. Esto descalifica a la placa ya que este defecto es incompatible con cualquier uso final de producto que vaya a fabricarse.

Causa: La generación de ampollas en la superficie de las placas de colada se debe a una velocidad de enfriamiento excesiva, concentración de hidrógeno elevada, insuficiente desgasificado.

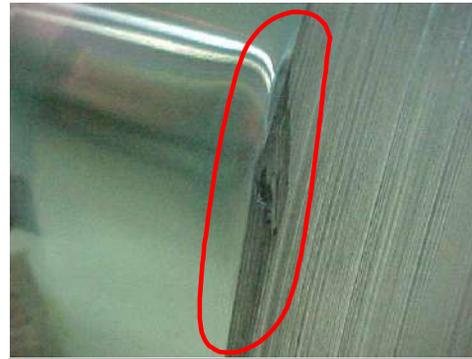
Solución: Incrementar la desgasificación por tiempo o concentración de cloro o mejorando la difusión de burbujas del desgasificado. Disminución de la temperatura del metal líquido, preparación previa adecuada de los refractarios que estarán en contacto con el metal líquido.

GOLPE LATERAL

Descripción: Son deformaciones, cortes, abolladuras, improntas que se ven en los laterales de los rollos, pudiendo generar la pérdida de todo el material que se vea afectado por el defecto. Además si llegase a ingresar al laminador material golpeado, los bordes del defecto pueden causar marcas en los cilindros de trabajo, aparte del rotura de banda. Con la generación del golpe surgen zonas de abertura entre las espiras lo que puede generar el ingreso de suciedad al interior de la bobina.

Causa: Los golpes a los rollos son causados generalmente por malas maniobras de manipuleo tanto en la colocación de los rollos como cuando se circula cerca de los mismos con la visión obstruida.

Solución: El defecto es de origen de maniobra por lo que la solución es evitar todo tipo de maniobra que provoque el daño lateral de los rollos.



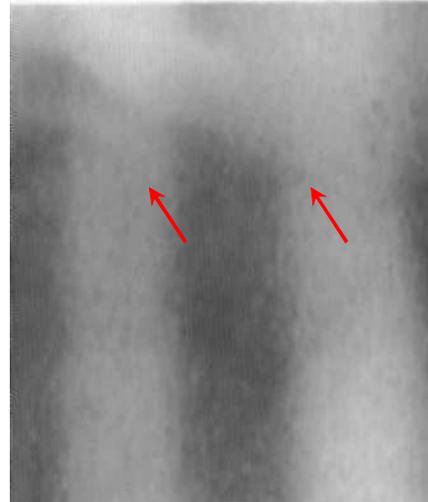
RAYAS POR CALOR (HEAT STREAKS)

Descripción: Marca de color lechoso en la superficie de la banda, normalmente en la dirección de laminación.

Causa: Son provocadas por concentración de calor en zonas localizadas en los pasos de laminación en frío. Este efecto puede repetirse a lo largo de todo el rollo, pero normalmente se ve conferido a un extremo de la bobina.

Solución: Incrementar el enfriamiento de base de los cilindros de trabajo, disminuir la

velocidad de laminado o disminuir la reducción de la pasada.

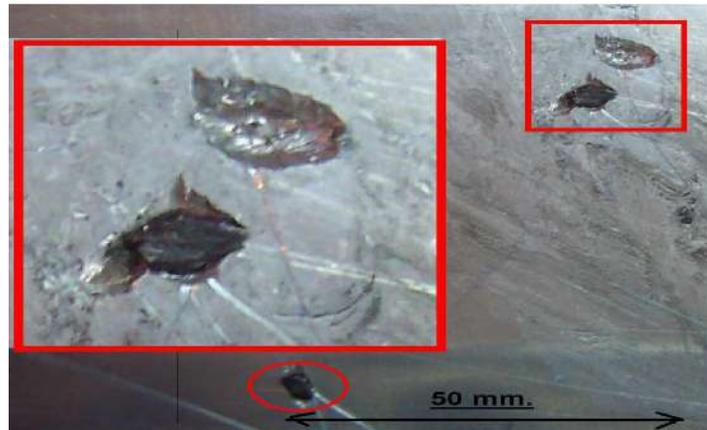


INCLUSIONES

- [Metálicas](#)
- [No metálicas](#)
- [De refile bobinado](#)
- [En placas \(fundición\)](#)

Descripción:

Material extra que puede ser o no similar al producto laminado (óxido, escoria, cal, partículas extrañas, metálicas o no metálicas y suciedad del medio ambiente) que resulten atrapadas en la superficie de la banda y es laminado por los cilindros, lo que puede tener consecuencias en los cilindros a parte de la ya generada en la banda.



INCLUSIÓN DE REFILE BOBINADO

Descripción: Segmentos de borde que se introducen en la banda generando una arruga transversal que marca al rollo.

Causa: Se origina en un refilado que sufre la discontinuidad del

picado de refile, Este descarte lateral al salirse de la tobera es atrapado dentro del rollo bobinado.

Solución: Control del refilado y de la alineación de la bobina al salir.



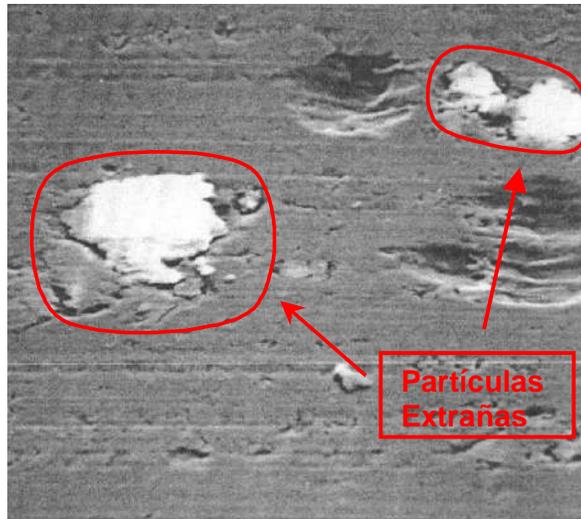
INCLUSIONES METÁLICAS

Descripción: Inclusiones de metal duro asociadas con defectos como fracturas, blisters, depresiones y roturas de superficie. Las superficies laminadas puede ser dañada en la forma de una indentación de dichas inclusiones.

Causa: Material extraño usualmente introducido en el metal durante el refundido o la colada pero puede ser introducida en cualquier etapa del proceso del producto final.

Solución: Cuidado y atención durante el fundido y la colada, mantenimiento en el uso de buen equipamiento del sistema de filtrado del líquido lubricante. Protección sobre

el aluminio de la pérdida de material ajeno en cualquier paso del proceso de laminación (foil stock).

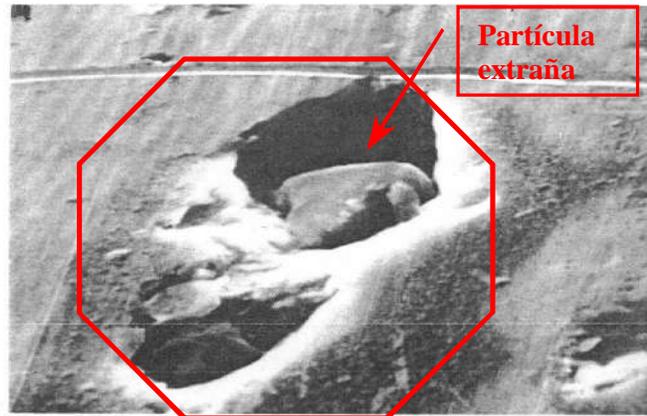


x 500

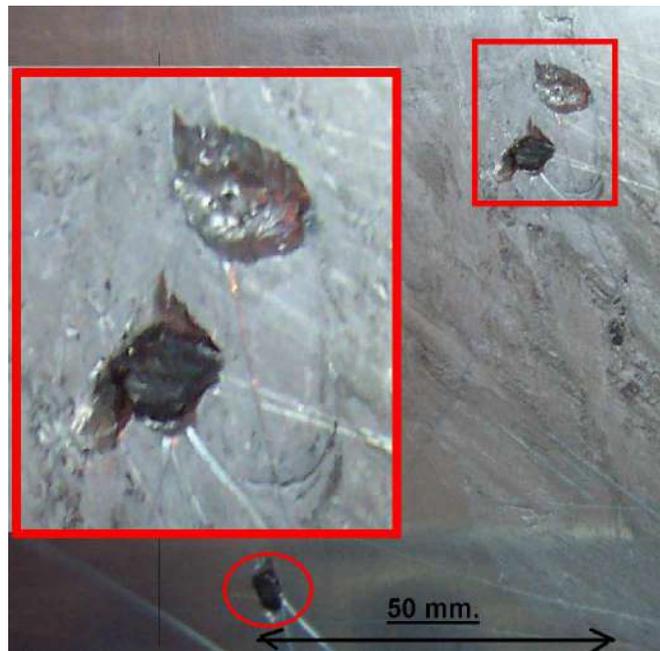
INCLUSIONES NO METÁLICAS:

Descripción: Las inclusiones no metálicas son a veces asociadas con defectos tales como blisters o slivers. Las inclusiones pueden estar presentes en la superficie, pero en su gran mayoría se encuentran en el interior, es por eso que emergen durante los procesos de maquinado o formado. Cráteres en la superficie de materiales laminados pueden haber sido los sitios de alojamiento de las inclusiones, que durante el proceso de soltaron. Líneas en la dirección de laminado, que se revelan por anodizado. En ciertos casos donde las inclusiones son frágiles, como fragmentos de horno, el defecto consista en una zona con millares de pequeñas partículas, que en ciertos casos son visibles de ambos lados de la banda.

Causas: El ingreso de material extraño durante el refundido o la colada, o la introducción del mismo durante los procesos de recalentado, laminado en caliente o en frío. Los defectos sub superficiales son siempre asociados a problemas durante la colada del material, mientras que los defectos superficiales pueden venir por colada como por laminado.



x 150



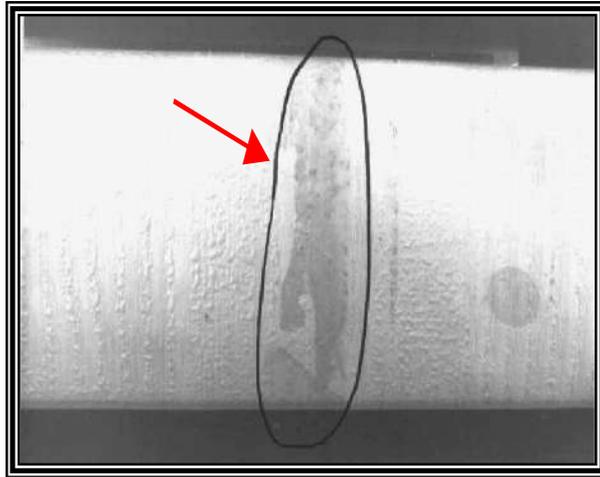
Solución: Extremar limpieza durante la colada y el filtrado y durante el resto del proceso

INCLUSIONES SUPERFICIALES EN PLACAS

Descripción: Óxido, escoria, cal, partículas extrañas, metálicas o no metálicas y suciedad del medio ambiente que resulten atrapadas en la superficie de la placa.

Causa: Cualquier elemento extraño que flote en la superficie del metal líquido dentro de la lingotera y que se adhiera a la capa externa de la placa al solidificar.

- Inflamación y/o relubricación de lingoteras durante la colada.



Límites de Aceptación:

Estado	Destino Final esp. > a 60 μ	Destino Final esp. \leq a 60 μ
Aprobado	Hasta 4mm de ancho o largo	Hasta 3 mm de ancho o largo
Retenido	Mas de 4 mm de ancho o largo	Mas de 3 mm de ancho o largo

LÁGRIMAS:

Descripción: Metal sólido que sobresale de la superficie, debido a la rotura de la capa sólida original

Causas:

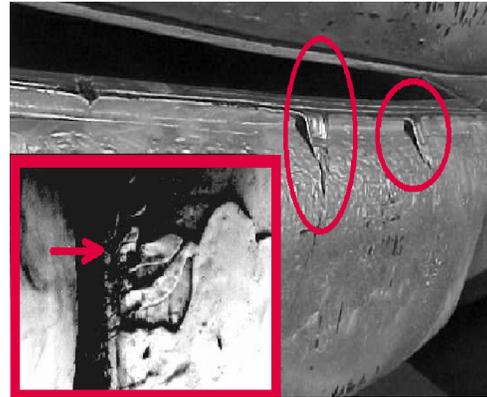
- Alta Temperatura del metal
- Orificios o ranura de enfriamiento tapada.
- Presencia de desgarramientos transversales

Límites de Aceptación: Según ETP4002.

Solución:

- Control de la temperatura de colada.

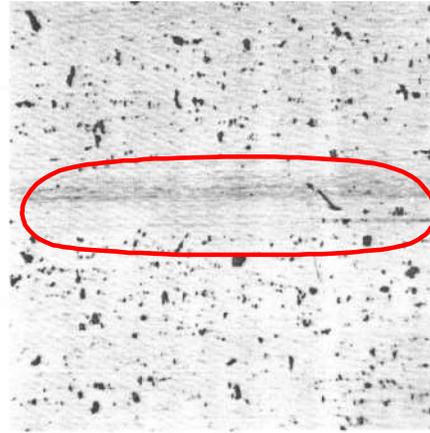
- Control del sistema de enfriamiento.



LÍNEA DE CILINDRO TIPO 1

Descripción: Líneas sombreadas finas a lo largo de la bobina. La línea puede ser más oscura o más blanca que la superficie circundante dependiendo de las condiciones lumínicas. Las líneas están normalmente aisladas pero puede aparecer en ciertos casos en grupos, en cualquier posición en el rollo.

Causa: Las líneas tipo uno son causadas por en efecto de una partícula dura en los cilindros de apoyo que repetidamente indenta una marca en el cilindro de trabajo en cada revolución, luego de cientos de revoluciones una línea de defecto se genera. Los productos laminados son generados con una línea.



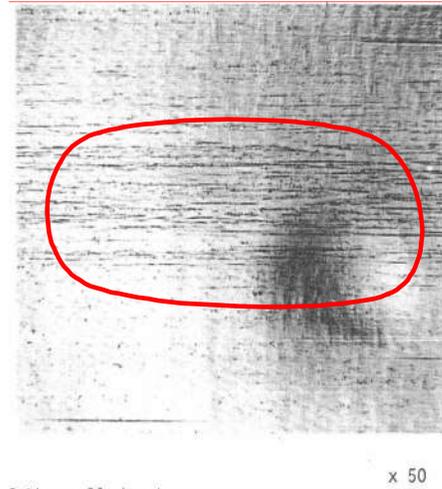
x 100

Solución: Buena limpieza de los cilindros, particularmente luego del cambio de cilindro. Los defectos en los cilindros de apoyo solo pueden ser removidos por rectificad.

LÍNEA DE CILINDRO TIPO 2

Descripción: Líneas continuas y finas impresas a lo largo de toda la bobina. La línea puede verse oscura o clara respecto de la iluminación y de los alrededores. Las líneas están normalmente aisladas pero puede que se las encuentre en grupos. Con las del tipo dos las líneas laminadas pueden ser asociadas con la línea de cilindros y una banda "smooth" en el lado del revés de la "web".

Causa: Las líneas de tipo 2 son causadas por pequeñas líneas de empastaduras en la superficie de los cilindros de trabajo que está imprimiendo en la superficie del material laminado. El foil tendrá en su superficie una línea continua. La reducción extra envuelve en ciertas ocasiones la posibilidad de generar aglomeraciones de material durante el laminado.



Solución: Remover cualquier tipo de desperfecto en el cilindro por medio del rectificado, como prevención se recomienda buena limpieza en el laminador especialmente luego del cambio de cilindros de trabajo.

LÍNEA DE CILINDRO TIPO 2 CARA 2

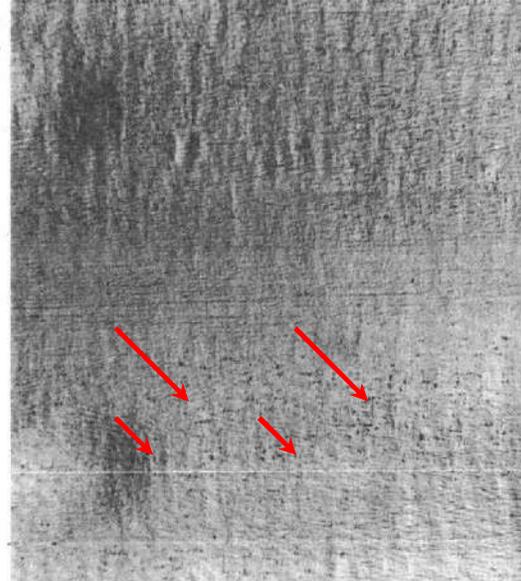
Descripción: Líneas continuas finas a lo largo del final del rollo. La línea puede aparecer oscura o clara dependiendo de las condiciones lumínicas de los alrededores. Las líneas suelen aparecer aisladas pero en algunos casos pueden aparecer en grupo, en cualquier posición a lo largo de la banda.

Causa: Las líneas de laminación tipo 2 son producidas por defectos impresos en los cilindros de trabajo.

Solución: Remover cualquier tipo de desperfecto en el cilindro por medio del rectificado, como prevención se recomienda buena limpieza en el laminador especialmente luego del cambio de

cilindros
trabajo.

de



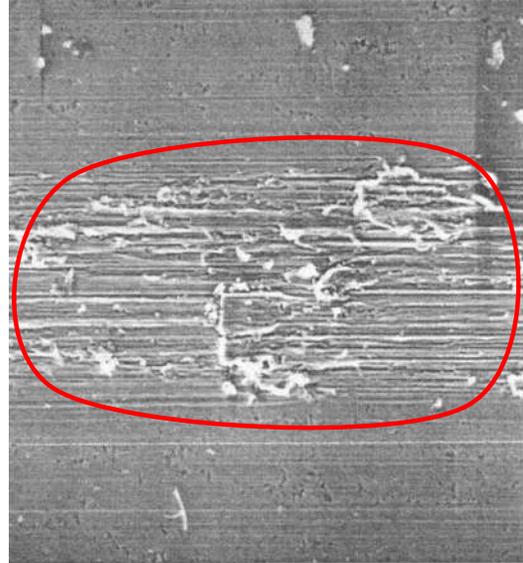
LÍNEA DE CILINDRO TIPO 3 RAYA

Descripción: Líneas continuas finas a lo largo del final del rollo. La línea puede aparecer oscura o clara dependiendo de las condiciones lumínicas de los alrededores. Las líneas suelen aparecer aisladas pero en algunos casos pueden aparecer en grupo, en cualquier posición a lo largo de la banda.

Causa: Las líneas de laminación tipo 3 son producidas por defectos impresos en los cilindros de trabajo.

Solución: Remover cualquier tipo de desperfecto en el cilindro por medio del rectificado, como prevención se recomienda buena limpieza en el laminador especialmente luego del cambio de cilindros de

trabajo.



MALA PLANITUD EN CHAPAS Y FOIL

PLANITUD:

Definición: Para los productos laminados resulta una desviación de la superficie de laminación respecto a un plano, tal como una onda longitudinal o transversal al sentido de laminación.

Aspecto Exterior: A menudo se describe por su localización a través del ancho de la banda laminada. Por Ejemplo ondas en el bordo o alas, en el centro:

ondas centrales o bolsas y localizadas en los cuartos: bolsas en los cuartos.

Causa: Exceso de longitud de banda en forma localizada por efecto del proceso de laminación.

- [PLANITUD ALAS](#)
- [PLANITUD ALAS DE REFILE](#)
- [PLANITUD BOLSA](#)

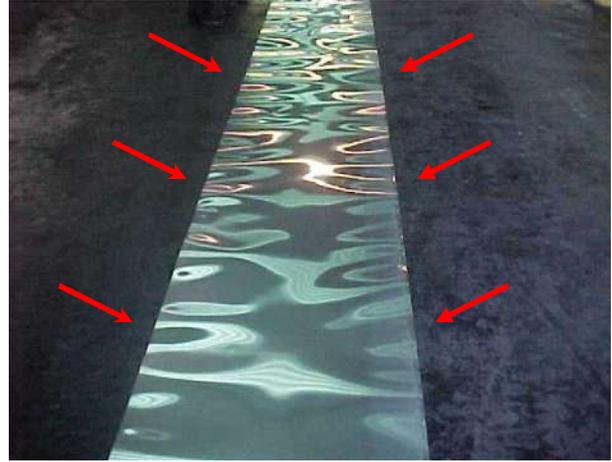


PLANITUD ALAS

Descripción: Una intensa ondulación en los bordes que se extiende en toda la bobina.

Causa: Son comúnmente causadas por concentraciones de calor en los cilindros cerca de los bordes. Provocando exceso de longitud por mayor deformación de los mismos, lo que genera una falta de uniformidad en las tensiones en la banda.

Solución: Controlar la temperatura de los cilindros de trabajo para evitar deformaciones extra en la banda.



PLANITUD ALAS DE REFILE

Descripción: Son ondulaciones de baja frecuencia en los bordes de la banda en la zona del final de las bobinas.

Causa: Problemas que se generan en las cuchillas de refile cuando el

material posee menor tensión en la zona final de la bobina.

Solución: Mantener la tensión firme hasta el final o bien controlar y ajustar las cuchillas cuando las condiciones cambian.

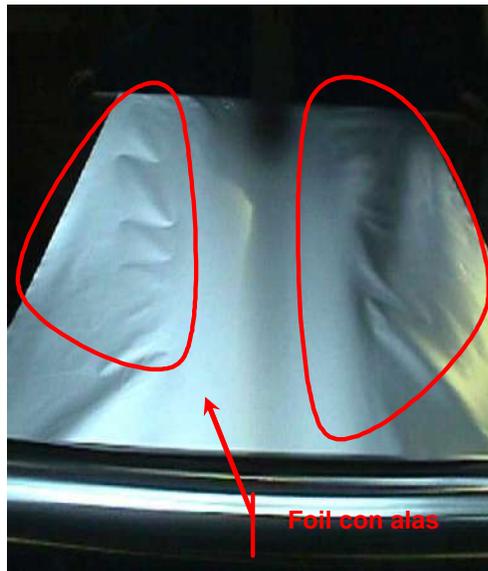
PLANITUD BOLSA

Descripción: Son ondulaciones que se encuentran en el centro del material.

Causa: Es el resultado de una falta de uniformidad en las tensiones de la placa en el centro. Cuando la banda sufre una mayor reducción

de espesor en el centro por falta de uniformidad en la temperatura de los cilindros.

Solución: Mantener un control del bombeo de los cilindros por medio de los rociadores de líquido refrigerante.



MANCHAS

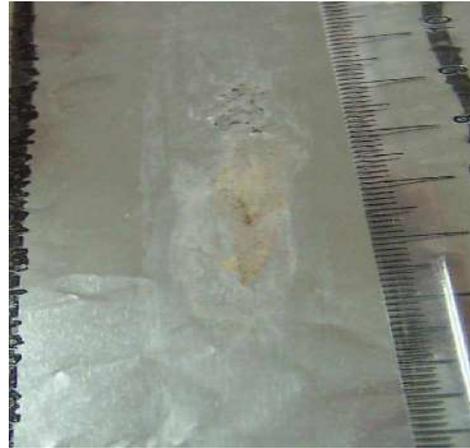
Las manchas en la banda son causantes de muchos cortes, dichas marcas pueden provenir de insectos, aceite, grasa, materiales extraños a la aleación y demás.

MANCHA DE AGUA EN FOIL

MANCHA DE AGUA (CORROSIÓN)

MANCHA EN FOIL INSECTOS

MANCHAS DE ACEITE



MANCHA DE AGUA EN FOIL

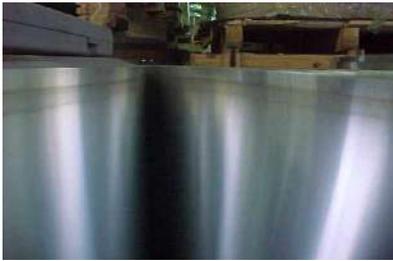
DESCRIPCION: Manchas de coloración generalmente blanquecinas o grisáceas generalmente alargadas en la

CAUSA: Estas son producidas por la oxidación (producto de la humedad en un medio de escasa circulación de aire o entre bobina o entre chapas apiladas).



MANCHA DE AGUA (CORROSIÓN) (condensación de humedad)

Descripción: deterioración del material por reacción química o electroquímica con el ambiente circundante. Las formas puras de aluminio son altamente resistentes a muchas atmósferas, en muchas soluciones. Dentro de las aleaciones, las no termotratables son en general más resistentes a la corrosión que las tratables térmicamente. Hay varios tipos de ataques:

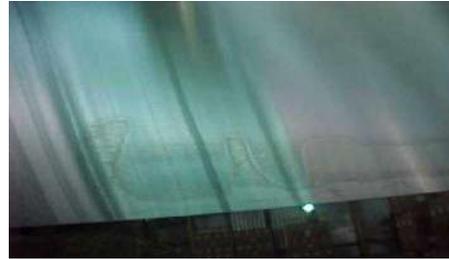


Pitting: corrosión localizada que resulta en pequeños pits o cráteres. Estos pueden ser causados por reacción del aluminio con contaminantes atmosféricos aislados.



Oxido decoloración: una decoloración o no uniforme apariencia debida a la oxidación del metal durante el tratamiento térmico.

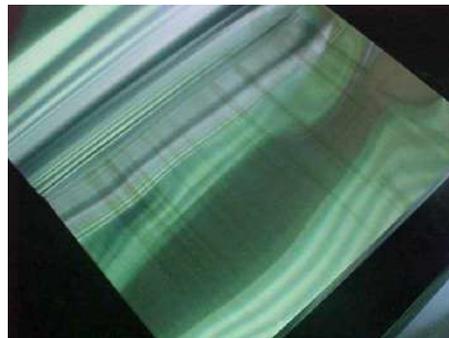
Oxido de agua: superficie oxidada, en ausencia de circulación de aire,



sucede una reacción entre la superficie del material con el film de agua. Es común que suceda entre espiras de un rollo. Los depósitos de oxido pueden ir en una gama creciente de color desde blanco hasta negro en los casos más severos. Esto puede comenzar por condensación o bien exposición directa con agua



Formas de control: evitar cambios bruscos de temperatura, almacenado y embalado del material tiene que poseer un control cauteloso en cuanto a filtraciones.



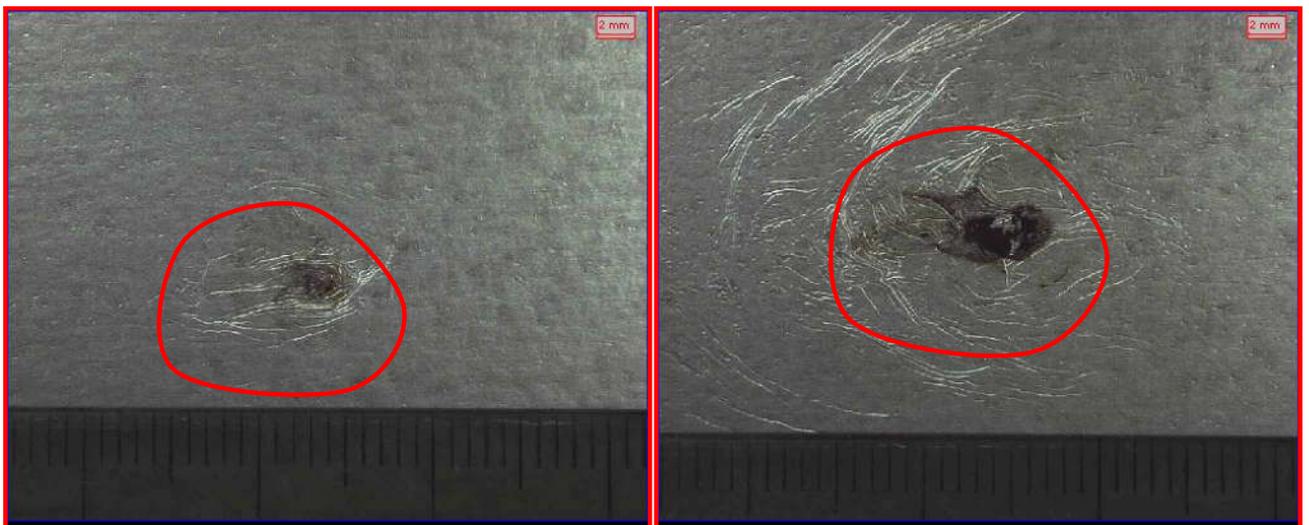
MANCHA EN FOIL INSECTOS



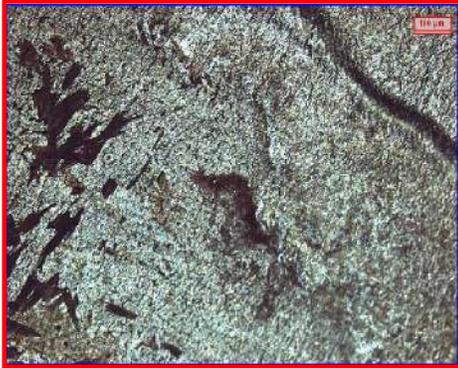
Descripción

Las manchas presentan características similares, son de color pardo a negro, de forma irregular y tamaño variable entre tres y nueve milímetros. La observación a baja magnificación revela la presencia de pliegues en la capa de aluminio de las zonas manchadas.

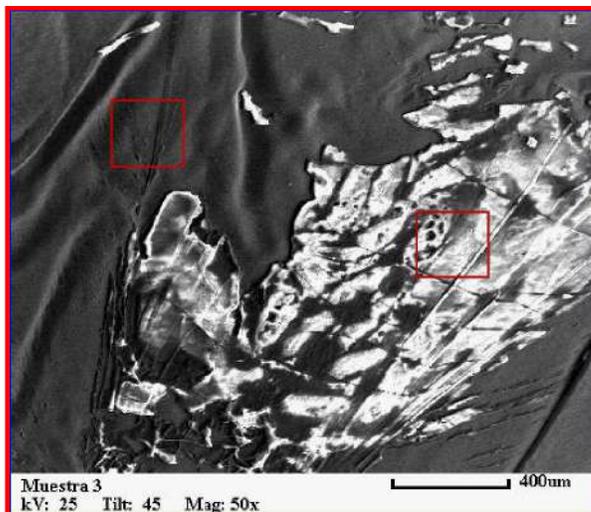
La distribución de estos pliegues aparenta seguir un patrón como producto del arrastre de un punto fijo sobre la mancha, que provoca la acumulación de material por delante en la dirección de arrastre.



Se puede observar que las manchas consisten fundamentalmente en dos tipos de estructuras, una en formas de placas irregulares y la otra con aspecto de fibras.



Analizando por medio del EDAX, tanto la superficie del aluminio no manchada como la manchada, se observa que en la zona limpia se recibe señal únicamente de aluminio, mientras que en la manchada la señal de aluminio es minoritaria frente a la señal de carbono, oxígeno, fósforo, calcio, etc.



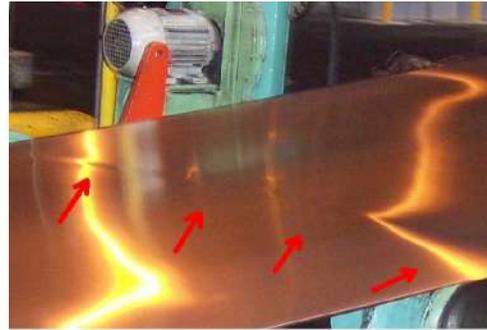
Fotografía SEM

Recuadro en rojo
corresponde a las zonas
analizadas con el EDAX

MANDREL SEGMENT MARKS(MARCAS DE SOLAPE):

Descripción: Numerosas pequeñas rayas ya sean marcas o bultos a través de todo el ancho de la banda, localizada en una punta cuyo patrón coincide con el de expansión del mandril.

Causa: Las marcas de mandril son una forma de engranadura, el movimiento relativo entre espiras de una bobina, las áreas elevadas pueden causar rayas o nuevas engranaduras.



Solución: Mantenimiento de los segmentos del mandril trabajando en buenas condiciones. Prevención del movimiento entre espiras por medio de una concordancia entre las tensiones de enrollado y desenrollado.

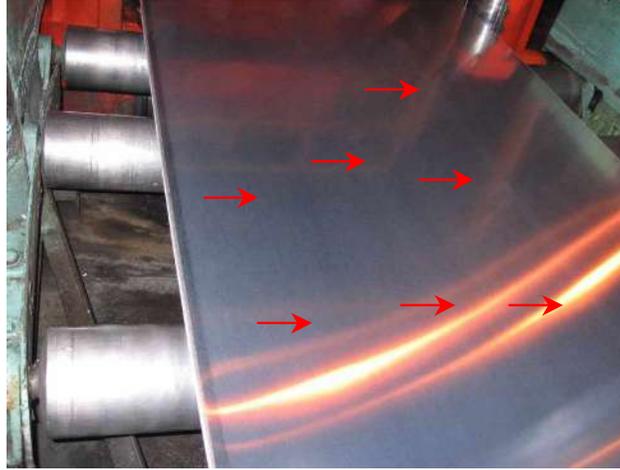
En producto terminado y para espesores finos (menores a 0,5 mm) utilizar bujes de cartón.

MARCAS DE CEPILLO

Descripción: Defecto inherente al laminado en caliente, son bandas paralelas de diferente brillo que dejan un dibujo oscilante en la banda laminada.

Causa: es el movimiento oscilante de uno de los cepillos sobre el cilindro, con baja densidad de pelos en uno de sus sectores.

Solución: Cambiar el cepillo.



MARCAS DE CILINDRO

Descripción: Hay de diferentes formas pequeñas, comúnmente circulares, repetitivas o lineales indentaciones en la superficie. Las marcas se repiten en forma constante a una distancia igual al perímetro del cilindro de trabajo. En el otro lado de la lámina se puede apreciar un bulto debido a la depresión que hay en la parte de arriba de la superficie.

Causas: hojuelas de metal, material ajeno o arranques de metal que se hallan entre las espiras de la bobina.

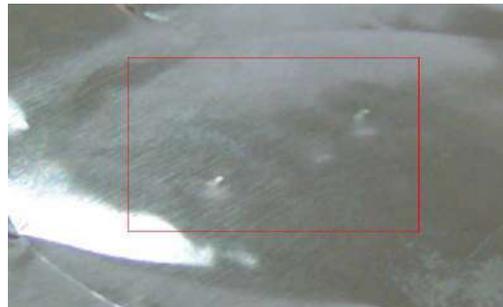
Marcas lineales sobre una generatriz por un apriete o mala calibración.



Brillos lineales continuos producto de patinadas o roces sobre el cilindro.

Improntas dejadas en el laminado por una suciedad o cuerpo extraño al proceso.

Impronta dejada por materiales que se solapan debido a baja tensión al ingresar bajo los cilindros.



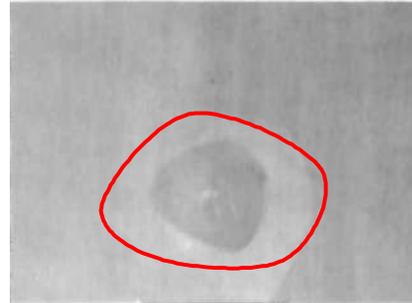
Solución: Controlar condiciones para evitar patinado.

Mantener limpieza tanto del material como de los laminadores.

MARCAS DE CONTACTO EN TRATAMIENTO TÉRMICO

Descripción: Amarronado, irregularidad en el oxido con algo de abrasión localizada sobre los bordes del oxido. Las marcas de contacto pueden tomar muchas formas y alcanzar grandes proporciones. Las propiedades mecánicas no se ven afectadas por estos defectos.

Causa: Son el resultado del contacto entre bandas o espiras en los picos de calor, creando durante el templado una solución de banda plana. Son asociadas con el aumento localizado de calor en los cilindros de trabajo, durante las operaciones de laminado en frío.



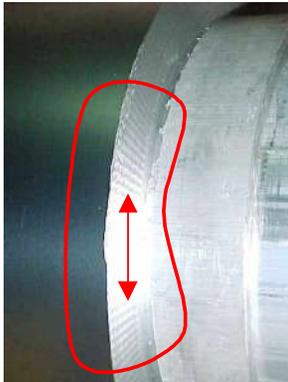
Solución: Las cargas dentro de los hornos en forma distribuida evitando contacto entre bandas, controlando los templados y con técnicas de secado. Ajustar el suministro de liquido lubricante para entregar una distribución de temperaturas uniforme a lo ancho de todo el cilindro.

MARCAS DE CUCHILLA

Descripción: Son ondulaciones de baja frecuencia en los bordes de la banda que asemejan un defecto radial.

Causa: Insuficiente tensión de entrada al refilado.
Ancho excesivo de refile.
Vibración por excentricidad en el eje de bobinado.

Solución: Incrementar tensión de desbobinado.
Disminuir ancho de refile.
Iniciar bobinado a menor velocidad.
Eliminar tubos excéntricos.



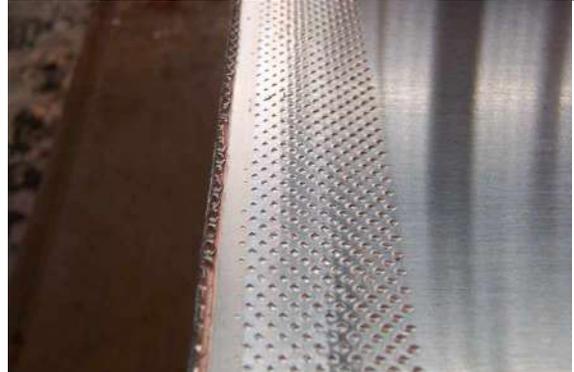
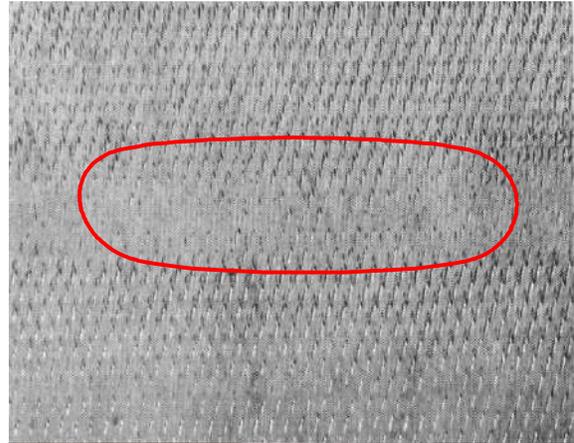
MARCAS DE MORDAZAS

Descripción: Es un efecto en ambos extremos de la banda o chapa. La zona está completamente atacada su rugosidad es alta y es material de descarte en el proceso siguiente.

Causa: Se genera por las improntas causadas por las mordazas que permiten el comienzo del bobinado del rollo o del estirado de la chapa o chapón.

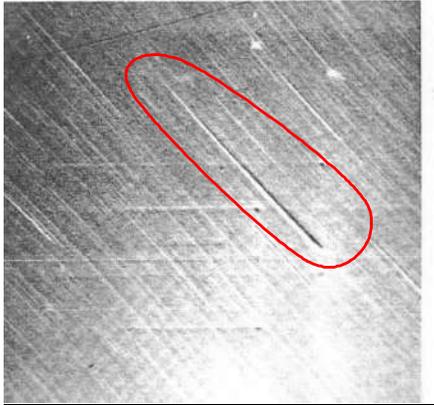
Despuntar chapas para evitar las marcas

Solución: Mantener en buen estado las mordazas, para no generar mayor pérdida de material.

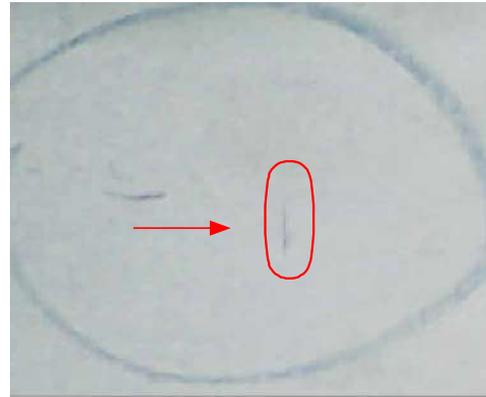


MARCAS DE RECTIFICADO (GRIT MARKS) O ARRANCADURAS

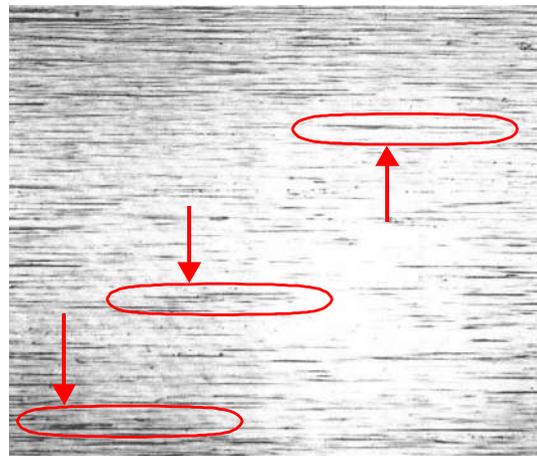
Descripción: Son marcas repetitivas, paralelas al sentido de laminación. Las mismas alteran en elevación de la superficie laminada. Es una discontinuidad que posee una altura máxima aproximadamente igual a su ancho. Su largo es entre 5 y 100 veces el tamaño del de su altura. La marca exhibe una gradual elevación hasta su altura máxima y luego desciende en forma paulatina hasta el nivel del metal.



Causa: Cada marca es producida por una partícula abrasiva que es producto de desprendimiento de la piedra de rectificado generando una impronta en la superficie del cilindro. Al laminar con este cilindro defectuoso se obtiene la replica de la superficie improntada. La naturaleza de las marcas varía dependiendo del material con el que esté fabricada la piedra de rectificado y tamaño de la partícula desprendida. El



desprendimiento se produce por liga demasiado blanda, velocidad de rotación de piedra baja o deficiente filtrado de la emulsión de rectificado. También con el tiempo y pH excesivamente alcalina de la emulsión de rectificado, la liga de la piedra comienza a generar desprendimientos.



Solución: No aprobar cilindros de rectificado con arrancaduras. Incrementar dureza de piedra o aumentar velocidad tangencial de la misma. Descartar piedras por bajo diámetro. Controlar pH de emulsión de rectificado.

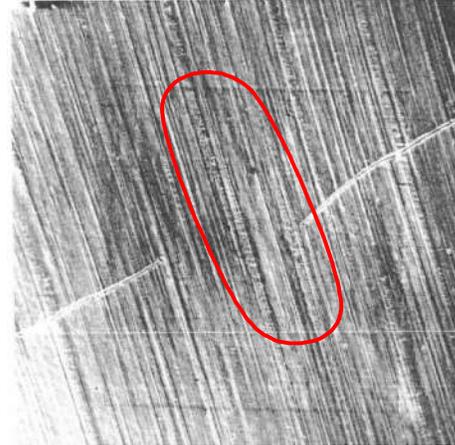
MARCAS DE RECTIFICADO ZIPS O RASGADURAS

Descripción: Fisuras longitudinales que corren paralelas a la dirección de laminado. El largo de dichos defectos es varias veces su ancho, y pueden ser vistas a ojo desnudo como flecks grises.

Causa: Son el resultado de fallas en la tensión y del estado de los cilindros de trabajo o deficiencias en la lubricación del arco de contacto.

Solución: Estos defectos no generan el deterioro del producto final. Si han de ser removidos entonces una mejor terminación final de los cilindros de trabajo

generaría una reducción en la incidencia de los zips.

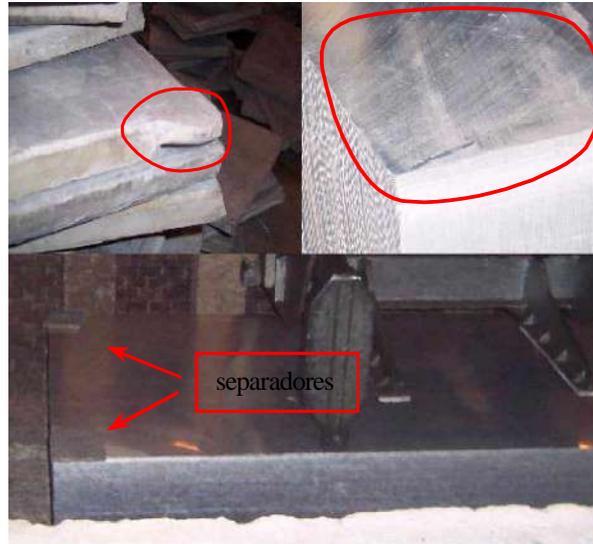


MARCAS DE SEPARADORES

Descripción: Impronta generada sobre la cara en los vértices de la placa durante el precalentado en los hornos de foso.

Causa: Presencia de separadores entre placas en el proceso de precalentado. Contribuye al incremento de esta marca, un estado deficiente del separador que incrementa la presión específica sobre la placa aumentando la profundidad de la impronta

Solución: Renovar con frecuencia los separadores, descartar los que presentan golpes o deformaciones. Despuntar en el proceso aguas abajo las zonas afectadas por los mismos.



MATERIAL CALIENTE

Descripción: Son para el caso de laminación todas las bobinas que han salido del laminador en caliente (Dúo). Los materiales tienen las características de no poseer tubo en el centro, y de ser de un color más tirando a blanco que a plateado. Aunque estos sean los productos de mayor temperatura a la salida de otros procesos de reducción o de terminación los rollos pueden llegar a tener temperaturas de más de cien grados centígrados.

Causa: Dentro de la laminación en caliente las reducciones que se realizan son muy severas por lo tanto el material debe entrar con

una temperatura elevada para no sufrir la rotura del material y la recristalización de los granos en forma instantánea para continuar deformación. A su vez en la laminación en frío las reducciones incrementan la temperatura del rollo haciendo que este sea un posible foco de accidentes.

Solución: El personal tiene que tener cuidado con los rollos y no tocarlos en forma directa, sino que se deben acercar la mano hasta una posición cercana al rollo y sentir si éste irradia calor.

MEDIDAS (ANCHO,LARGO, ESCUADRÍA, ESPESOR)FUERA DE TOLERANCIA

Descripción: se toma defecto a todo producto cuya geometría no se encuentre dentro de los valores especificados en la orden de fabricación o ETP correspondiente..

Causa: los defectos geométricos tienen origen en los cortes realizados durante el proceso. Éstos pueden ser errores en el refilado, mal guillotinado, desvíos en la línea de la banda (errores en la escuadra

de la banda o guillotina o variaciones producidas por la velocidad, o planitud).

Solución: Para evitar estas desviaciones de tipo dimensional, se debe medir previamente el herramental que se prepara para el proceso. Realizar el muestreo y medición correspondiente como indica en PLC del centro de costo.

MEMORIA DE ROLLO (coil set)

Descripción: La punta de la bobina mantiene la concavidad de la pasada anterior. O bien la punta de se debobina y mantiene la curvatura del rollo (coil set).

Causa: El material posee dicho defecto debido a un excesivo cruce de los rodillos planchadores o bien se debe a una de bobinado superior a la necesaria.

Solución: No es necesario una solución siempre que el material continúe dentro de la línea de proceso. Cuando el material es terminado hay que controlar el cruce de los rodillos planchadores

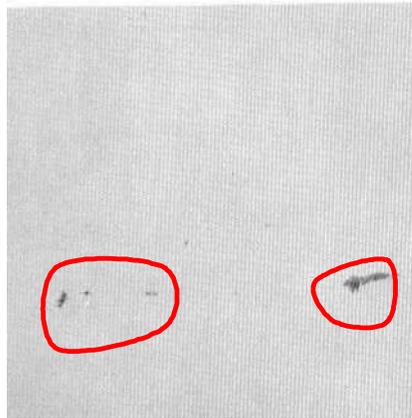
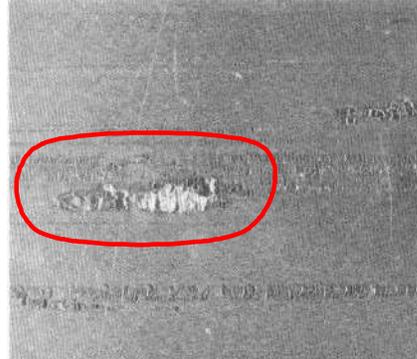


METAL LAMINADO

Descripción: Partícula o viruta de metal extraño depositado sobre la superficie del aluminio que es laminado con la banda. Esta condición puede alterar las propiedades físicas y mecánicas de la zona afectada, dependiendo del tamaño de la partícula atrapada.

Causa: Toda acción que genere o provoque el ingreso de partículas de metal sobre la bobina.

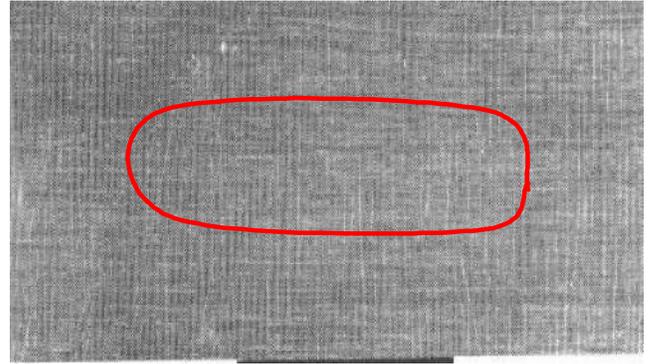
Solución: Proteger los rollos durante obras cercanas, limpieza de todos los sectores.



MICROFISURACION GENERALIZADA “CRAZING”

Descripción: Defecto macroscópico de numerosas rayas delgadas en la superficie, en dirección transversal o paralela a la dirección de laminado, pudiendo ser continuas o bien intermitentes las cuales aparecen cuando el ángulo de entrada en los cilindros de trabajo es grande.

Este defecto suele presentarse en laminados de chapas.



Formas de control: Disminución del ángulo de ingreso, regulando línea de pasada

Mordeduras:

Descripción: Líneas descoloridas usualmente mas blancas que la superficie circundante, que aparecen en forma perpendicular a la dirección de laminación. Ocurren en la punta y la cola de la placa, con un espaciado de una vuelta de cilindro de trabajo. En los productos laminados en caliente la banda aparece mucho más blanca que sus alrededores, previo al despunte posee una geometría curvada y luego del mismo la impronta es recta.

Causa: Las marcas repetitivas son consecuencia del impacto de la punta de la placa en el cilindro que posteriormente son copiadas en cada vuelta del mismo, perdiendo su intensidad en el transcurso del laminado por la acción del cepillo.



Soluciones: Este defecto se puede minimizar a través de la acción efectiva del cepillo sobre los cilindros y de la correcta formulación de la emulsión de laminación.

OREJEADO O DIRECCIONALISMO

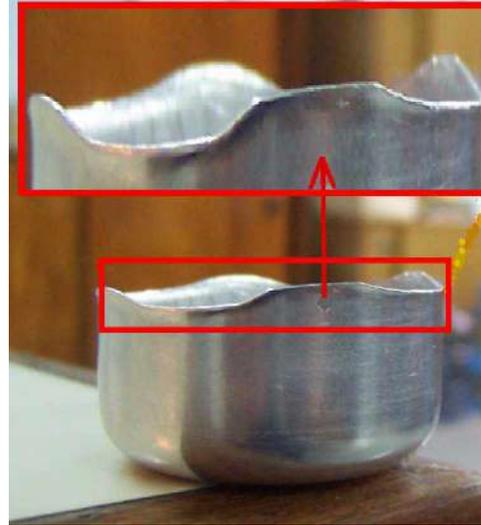
Descripción: Es la formación de crestas o picos y valles al embutir una chapa.

La medición de esta característica se realiza por medio de un ensayo normalizado de una probeta circular que se embute, a posterior se realiza la medición y promedio tanto de los picos como de los valles. El valor porcentual se expresa a través de la siguiente fórmula:

$$\left[\frac{H_{\text{crestas}} - H_{\text{valles}}}{H_{\text{valles}}} \right] * 100\%$$

Causa: Es la manifestación de la diferencia de capacidad de deformación en las diferentes direcciones (anisotropía).

Las orejas se generan en grupos de 4 u 8 con el máximo de proyección en los ángulos de 45° y/o 0° y 90° de la dirección de laminado.



Solucion:

- Revisar composición química
- Revisar tratamiento de homogeneizado
- Analizar la relación porcentaje de deformación previa a un recocido y el recocido para lograr un adecuado balance entre los mismos.

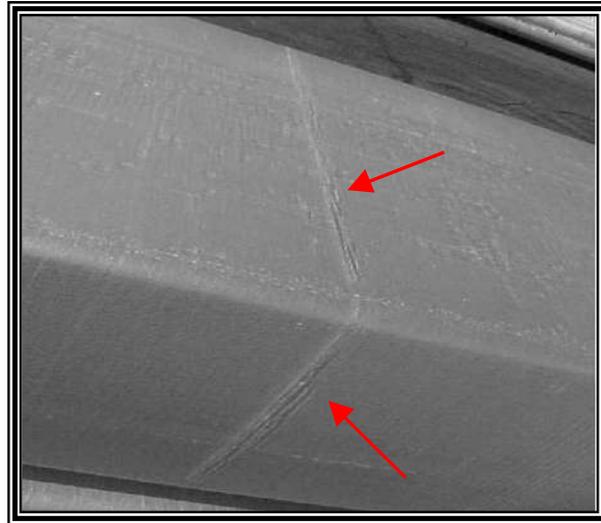
PARADAS

Descripción:

Discontinuidad superficial, transversal a la dirección de colada, que aparece como consecuencia de que dos capas de metal solidifiquen sin unirse y en forma superpuesta. Este defecto se presenta en forma continua sobre todo el perímetro de la placa.

Causas:

- Falta de alimentación de metal
- (Filtro tapado, canal de colada sin metal).
- Bajada defectuosa de la mesa de colada.



Solución: Controlar los parámetros de colada antes mencionados

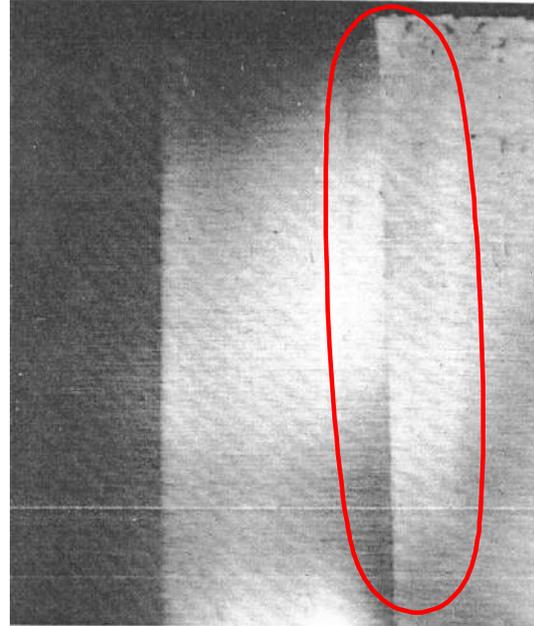
PARADA (ROLL STOP MARK)

Descripción: Una depresión sombreada a lo ancho de la banda que copia el arco de contacto entre el material y el cilindro.

La sección transversal de la misma es del igual ancho en toda la sección. Existe usualmente una depresión en el lado inferior de la superficie exactamente en la posición donde esta la depresión en la cara superior.

Causa: Este defecto es causado por el frenado del laminador durante una pasada. La presión que ejercen los rodillos sobre la banda sigue actuando lo que genera la depresión en ambas caras de la banda. Las depresiones también pueden ser generadas por incrementos de presión de los cilindros.

Solución: Si es posible, evitar frenadas durante el proceso de laminado.



PARADAS (ORIGEN DUO)

Descripción: Normalmente junto con la parada se produce el enfriamiento del material, aflojado de espiras y mojado por la emulsión.

Causa: La causa de la parada puede ser por sobrecarga del motor, desplazado de la banda en la mesa, deficiencia en las paralelas, corte de tensión general, ect.

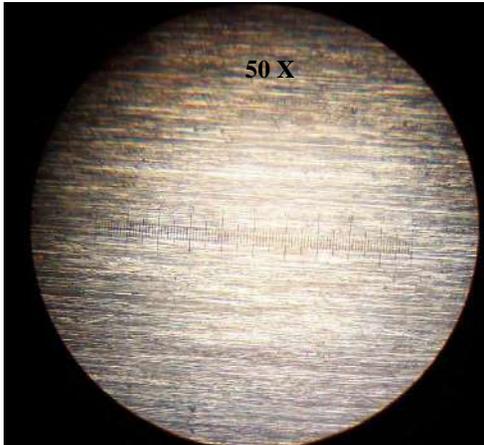
Solución: Revisión de condiciones de laminado (temperatura y reducciones) para evitar sobrecargas. Lograr adecuado funcionamiento de paralelas, etc.



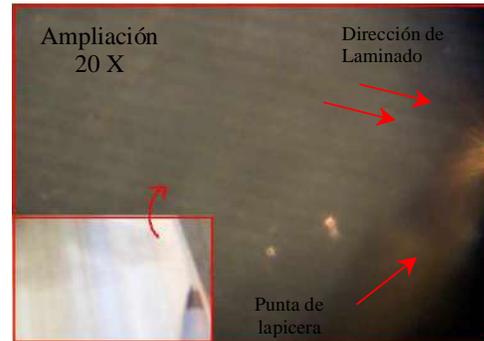
Nótese la zona más oscura que es la parte de la banda que quedó dentro del Roll Bite que sufrió una coloración por estar expuesta en forma continua al lubricante, el cual enfrió en material y lo manchó.

PASO DE DIAMANTE

Descripción: Se puede ver como un filete de rosca a lo largo de todo el cilindro de trabajo, en la chapa se ven en el sentido de laminación. La separación entre dichas elevaciones o valles es normalmente pequeña.



Causa: La generación de dicho defecto en el material, proviene del dibujo que deja la piedra al rectificar el cilindro. El dibujo sobre la piedra es provocado por el rectificado de la misma con la punta del diamante



previo al rectificado del cilindro.

La generación de este defecto depende de la velocidad relativa entre el desplazamiento longitudinal y rotacional de la piedra rectificadora sobre el diamante puede generar este filete.

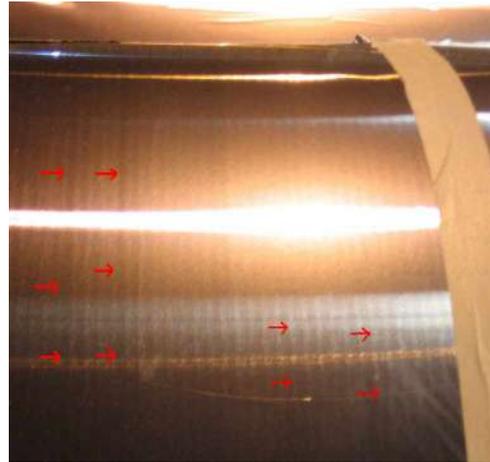
Solución: No enviar cilindros a los laminadores con dicho defecto.

Revisar la práctica del rectificado de las piedras y el estado de los diamantes.

PASO DE PIEDRA

Descripción: es una línea continua en forma de espiral, cuya su morfología depende de las velocidades relativas entre la piedra de rectificado y la velocidad angular del cilindro. Puede que sea intermitente dependiendo del bombé de los cilindros, se encuentra en los extremos de la tabla de cilindro.

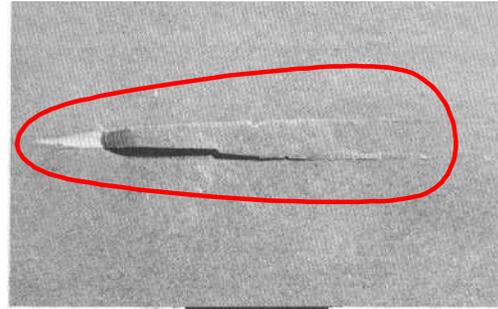
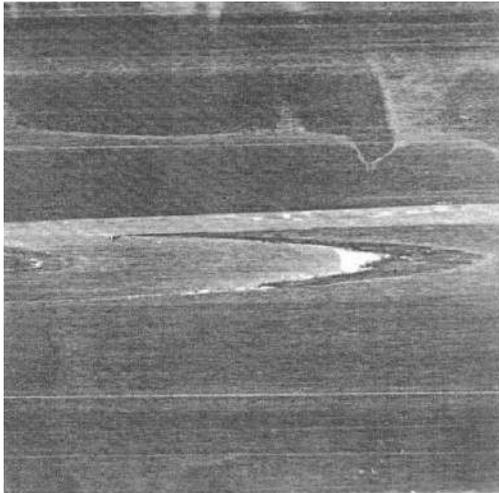
Causa: este defecto se genera por poseer la piedra de rectificado un borde agudo o “filoso” sin asentar que apoye contra el cilindro durante el rectificado, es por eso que dependiendo del bombé de los cilindros es de en que lugar aparecen estas marcas.



Solución: hay que controlar bien los bordes de las piedras de rectificado para, en el caso de hallarse un borde que pueda generar un inconveniente de este estilo, cambiar la geometría de la piedra sacándole los bordes filosos a las piedras.

PELADURAS (EXFOLIACIÓN)

Descripción: Cortes como de blister aplanados, aislados e individuales, en la superficie que normalmente están elongados en la dirección de laminación. El defecto está normalmente achatado contra el metal pero en ciertas ocasiones puede aparecer levantado o despegado de la lámina. La arrancadura tiene a su alrededor formado en su perímetro una capa de óxido blanco.



Causa: Inclusiones subcutáneas tales como gas u óxidos metálicos que generan los blisters durante los procesos de laminado, lo que genera la desintegración de la superficie; generando pequeñas hojuelas que son laminadas nuevamente sobre la banda. También, marcas de manipuleo muy profundas, raspones o daños mecánicos pueden causar un efecto similar y producir dicho defecto.

Solución: Puede ser un problema de colada de la placa en lo referente a desgasificado, escoriado o filtrado; por lo tanto se deben realizar adecuadas prácticas de fundición. Cuidados en el manipuleo, fresado, y escalpado previenen los causados por manipuleo.

Piel de naranja:

Descripción: Defecto de superficie que posee pequeños puntos de hundimiento que generan una apariencia similar a la piel de la naranja.

Causa: La piel de naranja es generada por la falta de uniformidad

en la deformación plástica de la superficie a consecuencia de un excesivo tamaño de grano.

Solución: Asegurarse un tamaño de grano fino antes del comienzo de las operaciones de deformación plástica.

PIN HOLES:

Descripción: Pequeños agujeros en el foil, a veces, pero no siempre, asociada con otros tipos de defecto de la laminación de foil. El tamaño y el corte de los huecos varía pero son generalmente del tamaño de pequeños pins.

Causa: Las causas de la generación de este tipo de defecto tiene diferentes orígenes, estos son: cantidad de inclusiones, tamaño de los intermetálicos, cantidad y tamaño de las partículas en los aceites de lubricación y solvente de doblado, reducciones y velocidades a las cuales se realizan las mismas fundamentalmente en el espesor final, rugosidad y terminación de los cilindros de terminado.

La aparición de este defecto esta asociado a la disminución del espesor final de foil. Usualmente la densidad de pinholes tiene un incremento exponencial con la disminución de espesor de foil.



Solución:

Adecuado tratamiento del metal en fundición.

Minimizar la aparición de pick up en el laminado en caliente.

Filtrar y controlar el grado de limpieza de los aceites de laminación en frío..

Seleccionar una buena calidad superficial de los cilindros terminadores.

Pinch marks:

Descripción: Irregularidades, líneas con centro brillante y bordes grises o viceversa del lado opuesto.

Causa: Amontonamiento de material y tendencia a pasar cuando entra la mordedura al laminador en frío. Esto genera que la parte de arriba del empaquetamiento se halle con menor cantidad de lubricante y al ser pasada por el laminador toma el tono brillante en la superficie, lo que genera que la zona aladaña que posee un volumen mayor de lubricante es lo que genere una superficie de color gris.

En el lado de atrás de la banda la misma razón genera la superficie opuesta. La causa de este fenómeno es el no ingreso del material por un mal arrastre por parte de los cilindros de trabajo, esto se puede deber a una despareja aplicación de líquido enfriante, incorrecta tensión trasera, o un mal corte de la placa colada.

Solución: Revisar la tensión trasera, la aplicación del enfriante en los cilindros, corte del material de placa colada.

Pits indentados:

Descripción: Pequeñas, comúnmente circulares, repetitivas indentaciones en la superficie. Las marcas se repiten en forma constante a una distancia igual al perímetro del cilindro de trabajo. En el otro lado de la lámina se puede apreciar un bulto debido a la depresión que hay en la parte de arriba de la superficie.

Causa: Hojuelas de metal, material ajeno o arranques de metal que se hallan

entre las espiras de la bobina.

Estas pueden quedar atrapadas en cualquier lugar entre el laminador en caliente hasta el embalaje.

Solución: Cuidado en todo centro de costos para minimizar el riesgo de contaminar el material con cualquier partícula de material duro.

ENTRAPED PITS

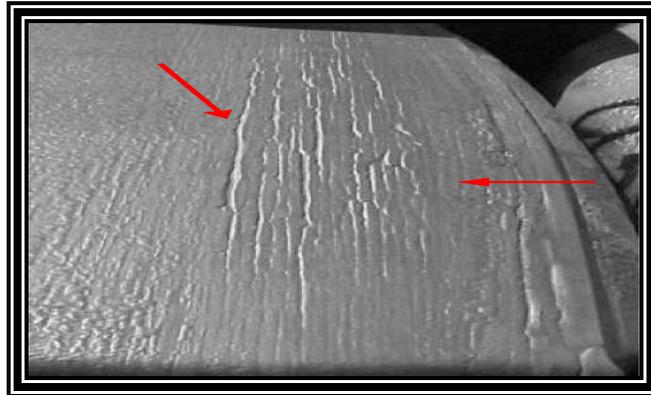
Descripción: Son caracterizados por una sombra, son más anchos que los pits comunes y frecuentemente en los lados y en el fondo del pit aparecen detalles de pasadas anteriores. El patrón del tipo de superficie del pit depende del origen del pit en si. En general marcas tipo grietas puedan aparecer en algún lugar del defecto.

Causa: Un hueco o pit ya sea en el cilindro o en la banda atrapan en su

interior lubricante, que puede llegar a causar nuevos huecos. Una grieta en el cilindro puede atrapar lubricante si su largo es lo suficientemente pequeño en relación con su largo.

Solución: Velocidades de cilindro menores, rectificar los cilindros para evitar el atrape de lubricante en la irregularidades remanentes.

PLIEGUES (Fundición)



Descripción:

Discontinuidades superficiales, transversales a la dirección de colada causadas por una alta velocidad de solidificación periférica.

Causas:

- Temperatura de Colada demasiado baja.
- Temperatura del agua de enfriamiento muy baja.
- Alta presión de Agua de enfriamiento.
- Baja velocidad de colada .

Límites de Aceptación:

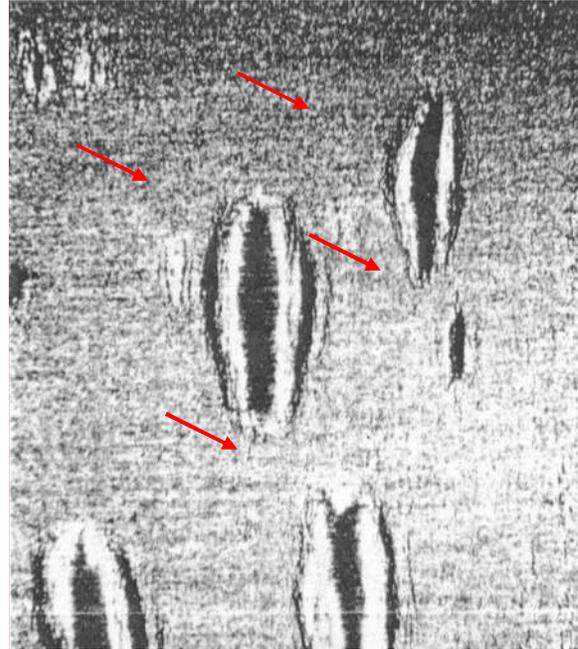
Estado	Destino Final esp. > a 60 μ	Destino Final esp. \leq a 60 μ
Aprobado	Hasta 3 mm de profundidad. Si D<100 hasta 5mm .	Hasta 2 mm de profundidad. Si D<100 hasta 4mm .
Retenido	Entre 3 y 5mm de profundidad Si D<100 entre 5 y 7mm .	Entre 2 y 4 mm eprofundidad. Si D<100 entre 4 y 6 mm
Rechazado	mas de 5mm de profundidad Si D<100 mas de 7mm	mas de 4 mm de profundidad. Si D<100 mas de 6 mm .

Solución: Control de los parametros de colada antes mencionados.

PUNTOS BRILLANTES

Descripción: Puntos de brillo aislados distribuidos en forma aleatoria del lado mate del foil laminado.

Causa: Inadecuada rugosidad de los cilindros para la reducción y espesor que se desea hacer. Deslizamiento relativo de una banda con la otra durante el doblado y laminado. insuficiente cantidad de solvente entre las caras de foil a laminar. Excesiva viscosidad del solvente entre las caras dobladas.



Solución: Asegurar una distribución buena, pareja de solvente entre las bandas a laminar. Adecuada selección de los cilindros para hacer el laminado. adecuada selección del solvente para el doblado.

QUEBRADURAS

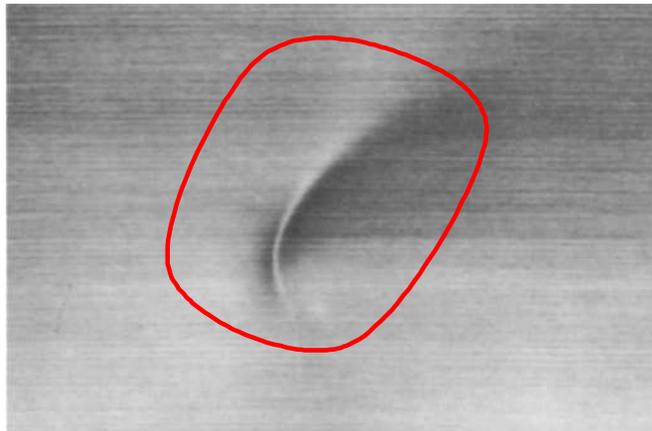
Descripción:

Plegado brusco con deformación permanente en un sector localizado de la chapa.

Causa: Son causadas durante el manipuleo. Dichos defectos no pueden ser removidos con los métodos convencionales de planitud. Aparecen asociados a chapas de bajo espesor y grandes dimensiones.

Solución: Mejorar el apilado durante el corte y palletizado evitando movimientos bruscos que generan el quiebre.

Redimensionar las chapas disminuyendo su ancho y largo en lo posible.



RAJADURAS DE BASE

Descripción:

Fisuras o fracturas ubicadas en la base, sobre la superficie de la placa que esta en contacto con el block fondo. Suelen continuar sobre las caras o bordes de las placas, convirtiéndose en rajaduras longitudinales.

Causas:

- Llenado excesivamente rápido del block fondo
- Refinador de grano en defecto
- Alta Temperatura del metal
- Enfriamiento excesivo o en defecto o no uniforme
- Alta velocidad de colada .
- Altura de Cabeza excesivamente baja.
- Presencia de pliegues o inclusiones superficiales



Límites de Aceptación

Estado	Destino Final esp. > a 60 μ	Destino Final esp. \leq a 60 μ
Aprobado	hasta 150 mm de largo y 5 mm de ancho	
Retenido	Mas de 150 mm de largo o mas de 5 mm ancho.	
Rechazado	-----	

Solución: Control de los parametros de colada antes mencionados

RAJADURAS LONGITUDINALES

Descripción:

Fisuras o fracturas

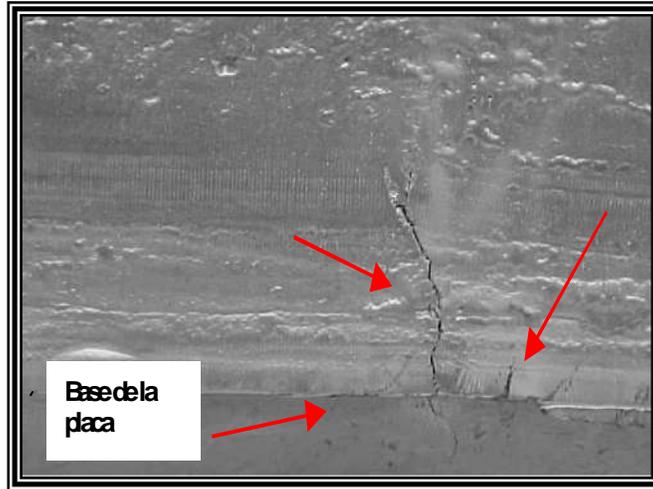
orientadas en la dirección de

la colada generalmente

sobre caras de la placa.

Causas:

- Refinador de Grano en defecto
- Alta Altura de Metal
- Enfriamiento excesivo o en defecto o no uniforme.
- Alta velocidad de colada.
- Altura de cabeza excesivamente baja
- Presencia de pliegues o inclusiones superficiales



Límites de Aceptación:

Estado	Destino Final esp. > a 60 μ	Destino Final esp. \leq a 60 μ
Aprobado	hasta 70 mm de largo y 3mm de ancho	hasta 50 mm de largo y 3mm de ancho
Retenido	entre 70 y 120 mm de Largo o 3 y 5mm de ancho	entre 50 y 100 mm de Largo o 3 y 5mm de ancho
Rechazado	mas de 120 mm de largo o mas de 5 mm de ancho	mas de 120 mm de largo o mas de 5 mm de ancho

Solución: Control de los parámetros de colada antes mencionados.

RAYAS DE MANIPULEO

Descripción: Indentaciones delgadas localizadas y agudas en la superficie del metal de forma aleatoria. Hay dos tipos básicos de rayas, los maquinados y los hechos durante el manipuleo.

Causas: Las rayas de maquinado son el resultado de un golpeo estacionario en una máquina, es la abrasión del producto sobre cualquier superficie durante las operaciones, son derechos pueden ser continuos o intermitentes.

Rasguños por manipuleo normalmente asumen un patrón aleatorio. Ambos tipos pueden variar desde marcas distinguibles al tacto (yema y uña).



Solución: Cuidado en el manipuleo. Eliminar “sliding” que comparten bordes a lo largo de la superficie



Rayas de máquina

Descripción: Indentaciones delgadas localizadas en la superficie del metal de forma aleatoria. Hay dos tipos básicos de rayas, los maquinados y los hechos durante el manipuleo.

Causas: Las rayas de maquinado son el resultado de un golpeteo estacionario en una máquina, es la abrasión del producto sobre cualquier superficie durante las operaciones, son derechos pueden

ser continuos o intermitentes. Rasguños por manipuleo normalmente asumen un patrón aleatorio. Ambos tipos pueden variar desde marcas distinguibles al tacto (yema y uña).

Solución: Cuidado en el manipuleo. Eliminar “sliding” que comparten bordes a lo largo de la superficie

RAYAS LAMINADAS

Descripción: Son rayas de color entre grises y blancas que corren en sentido paralelo a la dirección de laminación. Son relativamente sensibles al tacto.

Causa: Son rayas que se generan durante el proceso y son laminadas con el material.

Solución: Evitar por cualquier motivo la generación de rayas ya sea por manipuleo o propias del proceso.

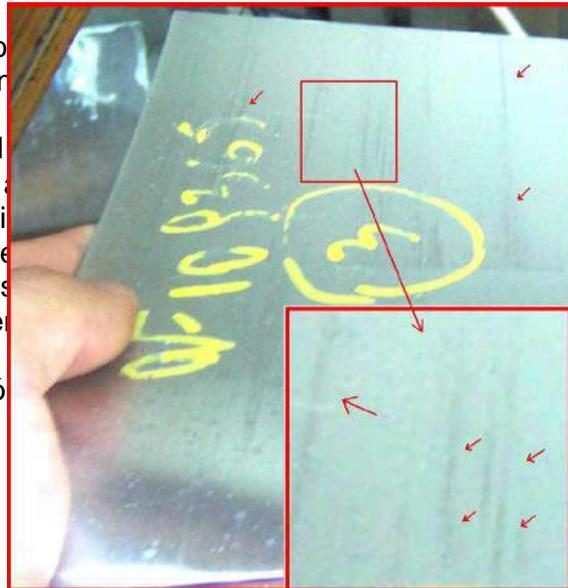
Rayas por empastaduras

Descripción: Banda superficial o marca elongada que produce una apariencia no uniforme.

Generan una desigual distribución de color grisáceo oscuro y se revelan más raras.

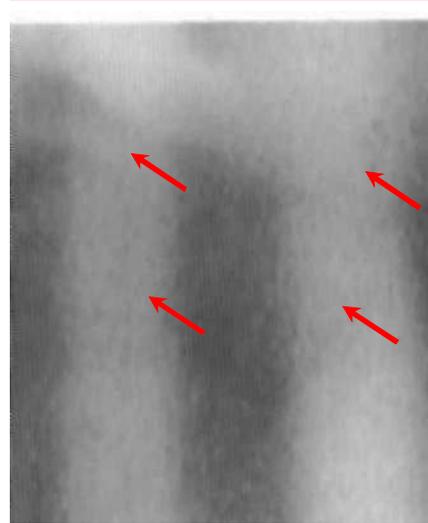
Causa: No uniforme adherencia del rollo generado por una suciedad laminada o el enfriamiento del mismo o la adherencia. Desigual distribución del enfriamiento o de laminación en caliente, dando como resultado los cilindros de trabajo que se imprime en

Solución: Reajustar la distribución de irregularidades de los cepillos. Revisar



RAYAS POR CALOR (HEAT STREAKS)

Descripción: Marca de color lechoso en la superficie de la banda, normalmente en la dirección de laminación. Estas son provocadas por concentración de calor en zonas localizadas en los pasos de laminación en frío. Este efecto puede repetirse a lo largo de todo el rollo, pero normalmente se ve conferido a un extremo de la bobina. NO ES LO MISMO QUE OXIDO POR TRATAMIENTO TERMICO, SINO QUE SE DEBE A CAMBIOS EN LA TEMPERATURA DURANTE EL LAMINADO.



ROLLO APOYADO CONTRA EL PISO

Descripción: Es un defecto que se provoca cuando los rollos son apoyados en el suelo, o bien cuando el material es apilado sobre cuñas sin la protección de las placas de aluminio.

Consecuencias: Las espiras de los rollos se ven apretadas y deformadas contra el piso, lo que causa un daño que tiene un comportamiento diferente durante el laminado pudiendo generar hasta cortes en el laminado.

Solución: Evitar que los rollos se apilen en el suelo, acondicionando las bases y los apoyos.



ROLLO COLAPSADO

Descripción: Depresión en la circunferencia de bobinado en forma localizada y en varias espiras contiguas.

Causa: Falta de tensión de bobinado al inicio del mismo, que a posterior es empujado hacia el interior por las espiras externas.

Este defecto usualmente esta asociado a materiales de bajo espesor.

Solución: Adecuar tensión de bobinado.
Utilizar núcleo.



ROLLO FLOJO FOIL APLASTADO

Descripción: Son zonas en una bobina donde fue golpeada y se generó una deformación extra en las espiras. Estas deformaciones pueden generar el pegado del material, separaciones en la zona cercana que cause el ingreso de suciedad a las espiras.

Causa: los golpes se pueden provocar por varios motivos pero fundamentalmente a posterior de recocido y por manipuleo es donde esta probabilidad aumenta..

Solución: Evitar golpes.

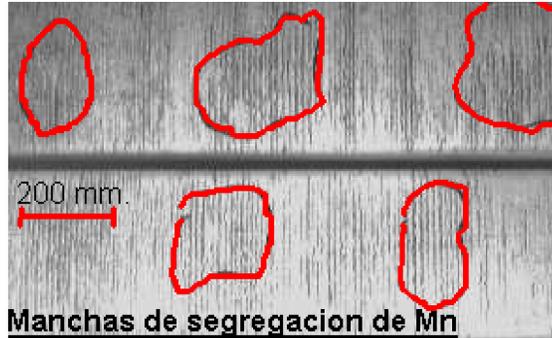
Defecto como el mostrado en foto, descalifica al material para ser enviado al cliente.



SEGREGACIÓN DE MANGANESO

Descripción:

Cavidades u hoyos originados por elevado porcentaje de Fe + Mn en aleaciones de la serie 3xxx.



Causas:

- Fe + Mn elevado.

Solución: Controlar composición química.

Límites de Aceptación:

Estado	Destino Final esp. > a 60 μ	Destino Final esp. \leq a 60 μ
Aprobado	hasta 3 mm de profundidad	
Retenido	entre 3 y 5 mm de profundidad	
Rechazado	mas de 5 mm de profundidad	

SUCIEDAD SOBRE LOS ROLLOS

Descripción: Ver fotos

Causa: condiciones ambientales que propician la deposición de partículas virutas o cuerpos extraños que sobre la superficie externa o lateral de los rollos almacenados. A posterior son fuentes de defectos al ser laminados.

Solución: Atacar todas las condiciones ambientales y de trabajo que propician polución.



SUCIEDAD LAMINADA / DIRT STREAKS / PECAS

Descripción: Banda superficial o marca elongada que produce una apariencia no uniforme.

Generan una desigual distribución de color en la superficie. Usualmente son de color grisáceo oscuro y se revelan más nítidamente por ensayo de anodizado.



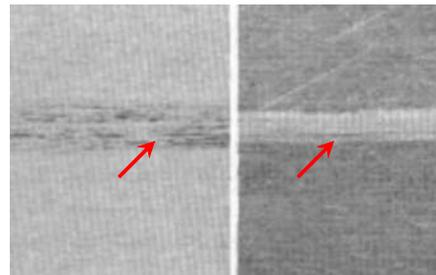
Causa: No uniforme adherencia del roll coating al cilindro. También puede ser generado por una suciedad laminada o algún goteo sobre el cilindro que altera el enfriamiento del mismo o la adherencia del roll coating.

Desigual distribución del enfriamiento o el mal funcionamiento de los cepillos en laminación en caliente, dando como resultado un recubrimiento

discontinuo a los cilindros de trabajo que se imprime en la cara de la banda.



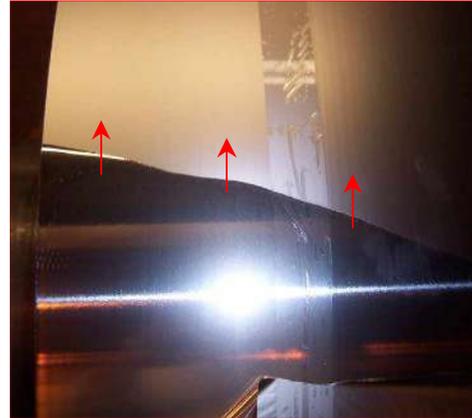
Solución: Reajustar la distribución de refrigerante, y/o corregir las irregularidades de los cepillos. Revisar los parámetros de líquido refrigerante.



SUPERFICIE MATE

Descripción: Superficie granulada tipo lechosa, carente de brillo que ocurre en la cara interior de los productos de foil doblados. Esta está compuesta por millares de pequeñas corrugaciones. También aportan a la apariencia de esta cara la viscosidad del aceite de doblado, en tamaño de grano del producto laminado, reducción dada al pase doble.

Causa: La cara mate es consecuencia de realizar la práctica de laminado doble en el pase final de foil.



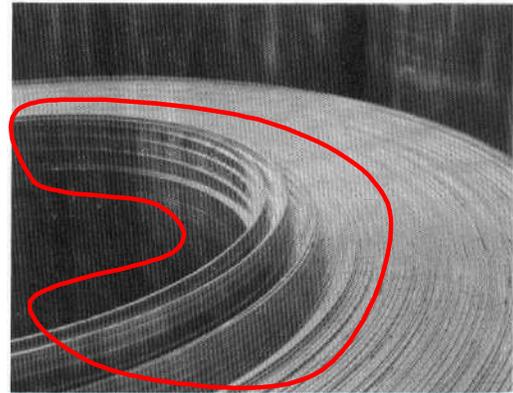
Solución: Esta característica en la superficie no debe considerarse como un defecto sino una particularidad del proceso.

TELESCOPEADO

Descripción: Desplazamiento transversal de las espiras de una bobina. Generando formas cónicas en lugar de una estructura cilíndrica.

Causa: Es el resultado de un mal bobinado, que puede ser generado por movimiento transversal del bobinador.

Solución: Reparar el movimiento transversal.



TEMPLE FUERA DE ESPECIFICACION

Descripción: Propiedades mecánicas fuera del rango establecido por las especificaciones del producto.

Causa: Mal desarrollo de los tratamientos térmicos especificados. Inadecuada reducción en frío, insuficiente composición química para las propiedades a obtener.

Solución: Controlar la correcta realización de los tratamientos térmicos respetando los tiempos, temperaturas y las rampas de temperaturas que se indican.
Ajustar reducción en frío.
Adecuar composición química.

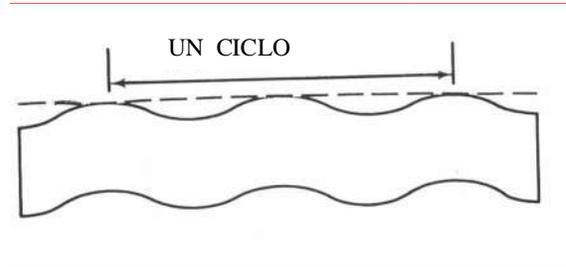
VIBOREADO

Descripción: Es una serie de ondulaciones laterales de los productos laminados.

Causa: esta condición es generada por movimientos ondulatorios en los bobinadores o cuchillas de corte, excentricidad del eje porta cuchillas que altera el cruce.

Solución: Eliminar: alabeo de cuchilla, excentricidad del eje porta

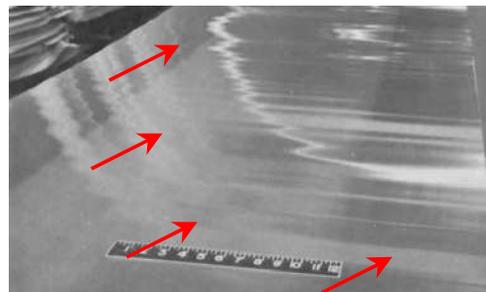
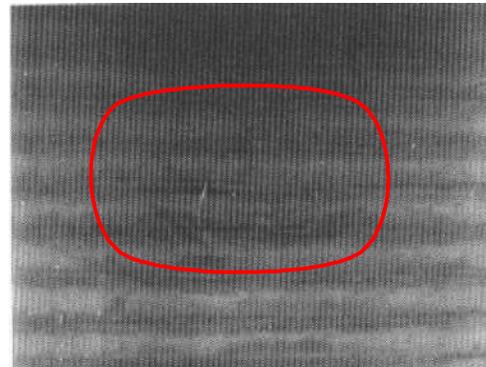
cuchillas y el movimiento ondulatorio de los bobinadores.



VIBRADO

Descripción: Marcas de sombra intermitentes y repetitivas que son el resultado de una no uniforme reflexión de la superficie. Los defectos aparecen en líneas perpendiculares a la dirección de laminado. La apariencia general es la de una superficie corrugada.

Causa: vibraciones durante el laminado y planchado debido a fallas en la maquina como malos rodamientos, falla de los engranajes, un excesivo cruce de los rodillos planchadores, patinado por exceso de lubricidad o falta de rugosidad en el roll bite, etc. O bien generado por rebotes de la piedra de rectificado sobre el cilindro y este a su vez copia sobre el material laminado.



Solución: Cambio de piedras de rectificado, controlar cruce de los rodillos de planchado, disminuir nivel de aditivos, aumentar rugosidad de los cilindros.

CAPITULO V: ANÁLISIS DE FALLA DEL LAMINADOR DE FOIL CC5000

La falla era los numerosos cortes de banda (cortes del aluminio que está siendo laminado, con la consecuente parada del laminador y descarte del material defectuoso) en el laminador CC 5000, que es el que se encarga de hacer las pasadas de terminación en el proceso de laminación, llegando a espesores finales de hasta 6,3 micrones. Estos numerosos cortes producen la pérdida de muchos kilos de material. Además de la pérdida de material en sí, el problema se agrava pues el descarte se realiza en los pasos finales del proceso con lo cual otros tres laminadores y una refiladora estuvieron andando para procesar un material que iba a ser descartado al final del proceso.

Se decidió hacer una recopilación y clasificación de muestras de foil de aluminio (lamina de espesor muy bajo $\approx 10 \mu\text{m}$) que se adquirieron en el laminador en el momento de producirse el corte. Se evaluó un total de 250 muestras. Para efectuar el análisis se elaboró una tabla dinámica con contadores y se hizo una evaluación estadística de los tipos de defectos que ocurrían.

Se clasificaron las muestras en 14 distintos tipos de defectos.

Las muestras fueron analizadas mediante inspección visual, lupa (20 X), y microscopio óptico (50X, 100X, 200X, 500X y 1000X).

Se efectuó un análisis de algunas de las mismas en el microscopio electrónico y la sonda edax de la facultad de La Plata y en *Aluar Primario* ubicado en la ciudad de Puerto Madryn; la elección se basó en los datos adquiridos mediante el análisis antes mencionado.

Con los resultados obtenidos se plantearon las causas de los cortes, se priorizaron unas sobre otras y en base a esto se elaboró un plan de acción.

Para tal efecto, previamente se realizó un curso instructivo acerca del tema “Resolución de problemas” y confección de un análisis de falla del tipo PDCA a cargo del ingeniero Nahuel Mirensky quien nos proveyó material de lectura al respecto (ver bibliografía consultada). Se siguió luego la evolución de los indicadores para ver si se habían logrado mejoras.

Un plan de acción consiste en la generación de mejoras para la resolución de un problema que afecta la productividad del proceso. Para la aplicación de las posibles soluciones hay que previamente juntar las suficientes pruebas para justificar los cambios o mejoras a realizar.

Para esta última etapa del trabajo se trabajó en conjunto con los ingenieros Oscar Turun Barrere y Nahuel Mirensky ya que ellos son los encargados de la parte de procesos y conocen con gran detalle todas las variables aquí involucradas.

Este trabajo a continuación presentado tuvo muy buena aceptación por parte de ingeniería de procesos, mantenimiento y calidad

PDCA N° 6 Baja productividad, recovery y utilización laminador 50.

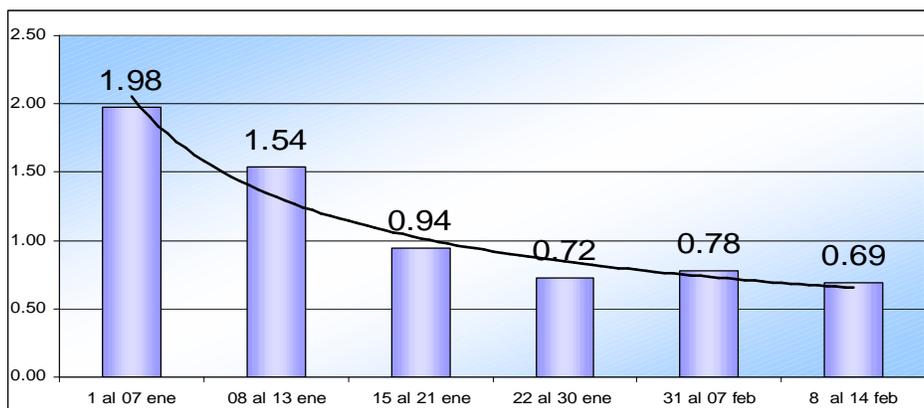
CORTES EN EL LAMINADOR 50

1- ANALISIS DE CAUSAS:

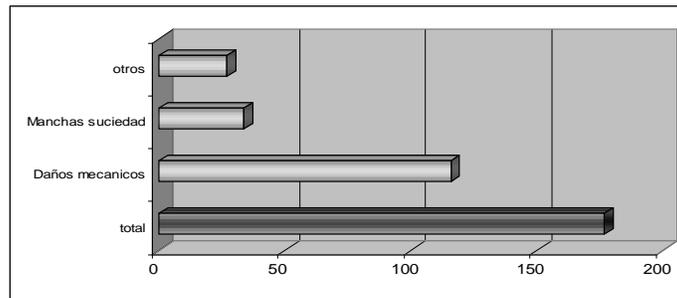
- A- Alto índice de roturas de banda:
- B- Alta Frecuencia de Cambios de cilindro
- C- Paradas por falta de cilindros.
- D- Cilindros fuera de especificación.

INDICE DE CORTES DE BANDA(Cortes/Ton)

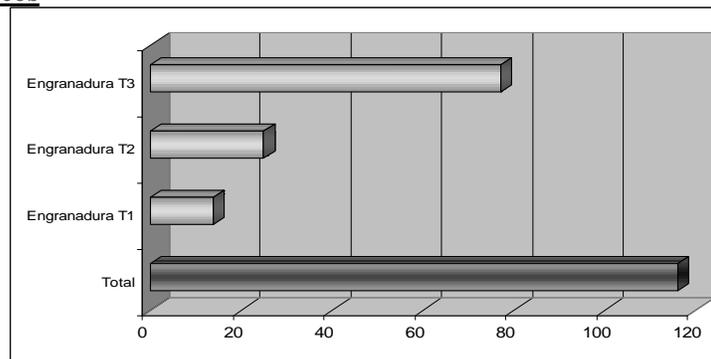
Periodo	Produccion	Cortes	Indic	Obj
1 al 07 ene	47	93	1.98	0.4
08 al 13 ene	50	77	1.54	0.4
15 al 21 ene	108	102	0.94	0.4
22 al 30 ene	115	83	0.72	0.4
31 al 7 feb	127	99	0.78	0.4
8 al 14 feb	80	55	0.69	0.4



Motivos de los cortes



Daños Mecánicos



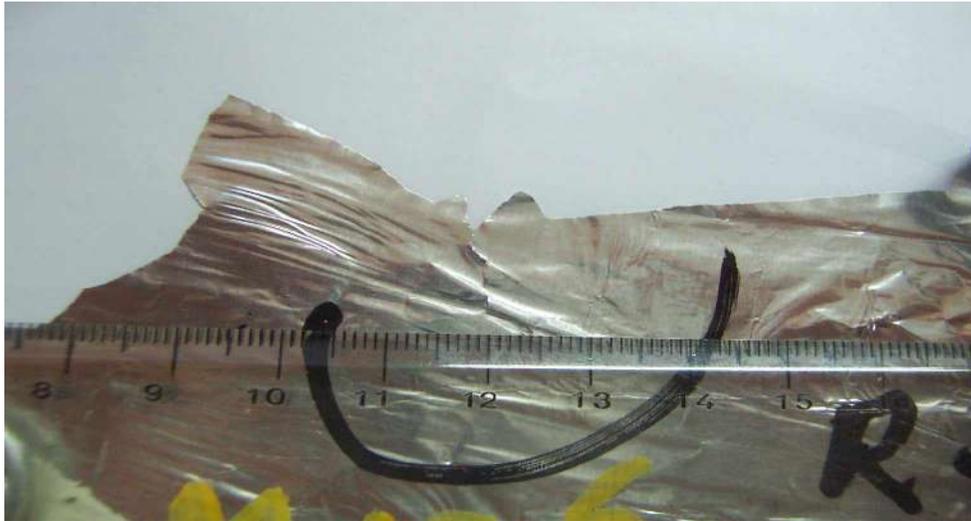
Engranaduras tipo 1

Engranadura tipo 1; son las de mayor tamaño y representa un defecto concentrado que se observa abierto al producirse el corte de banda el origen del defecto parece estar situado en el sector de laminación gruesa (CC42 , CC44 o CC55).



Engrandadura tipo 2

- Engranadura tipo 2; son morfológicamente similares a las de tipo uno pero de menor tamaño, se asemejan a un corte en "V" sin detectarse faltantes de material. El defecto tiene su origen en el sector de laminación fina (CC52 , CC54 , CC50 o CC60)



Manchas

- Las manchas en la banda son causantes de muchos cortes, dichas marcas pueden provenir de insectos, aceite, grasa, materiales extraños a la aleación y demas



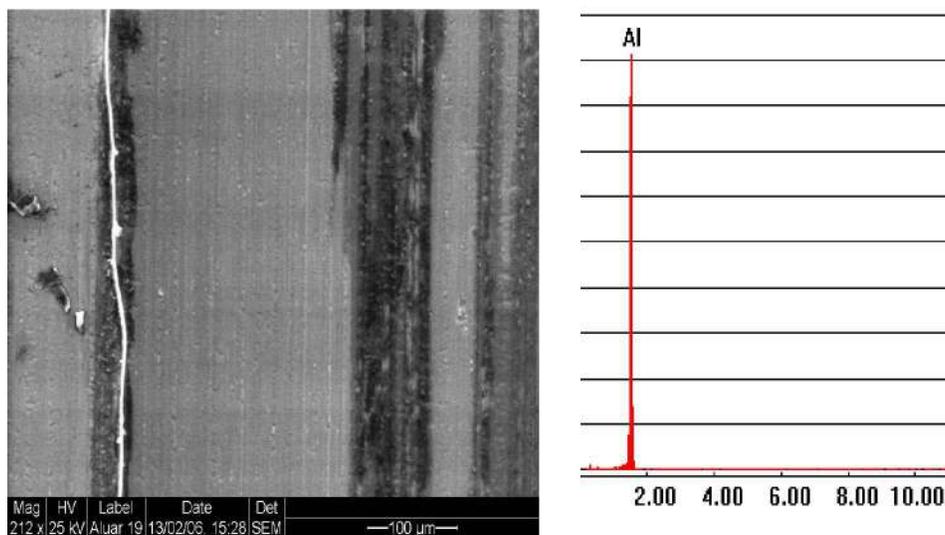
Arrugas

- Las arrugas son provocadas en muchos casos por una distribución de tensiones que generan una bolsa, que de no ser rectificada antes de su ingreso a los cilindros provoca el solapamiento y la rotura de la banda. Su morfología es la de un corte limpio y lineal.

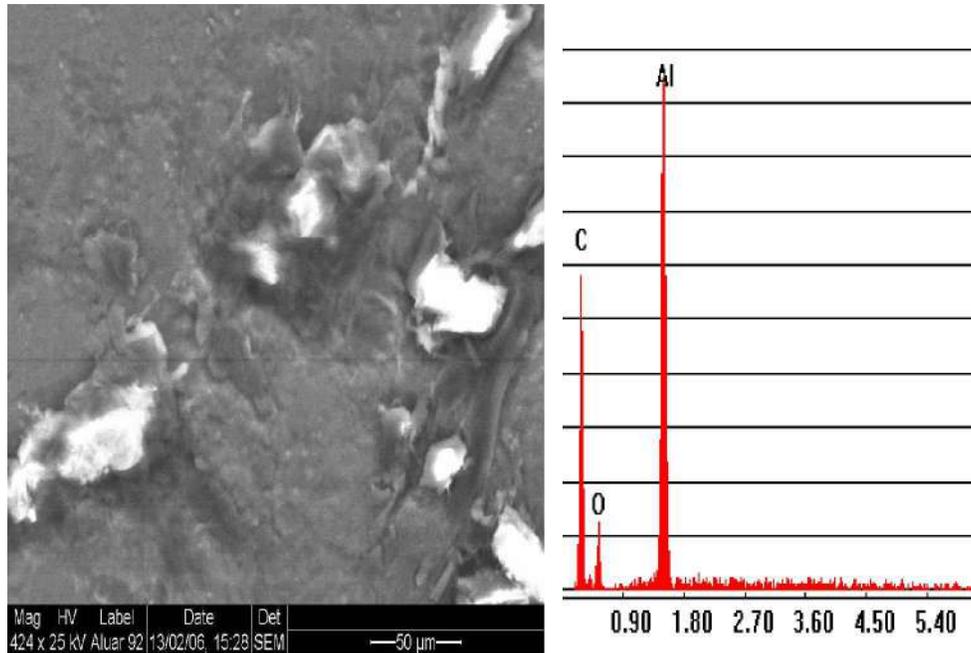


Manchas analizadas por el laboratorio de la facultad de La Plata con el fin de conocer la existencia de elementos extraños en los defectos

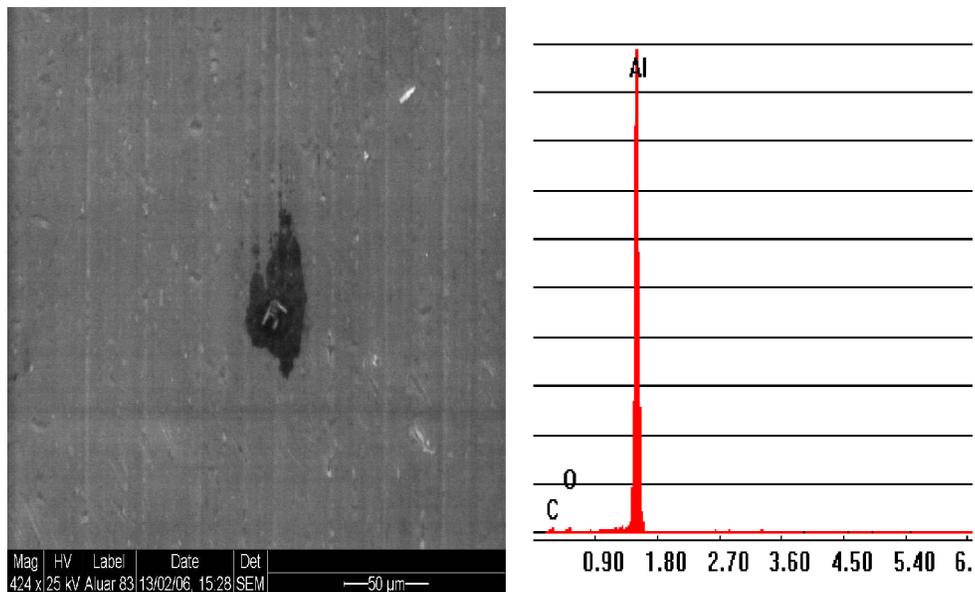
Mancha de agua:



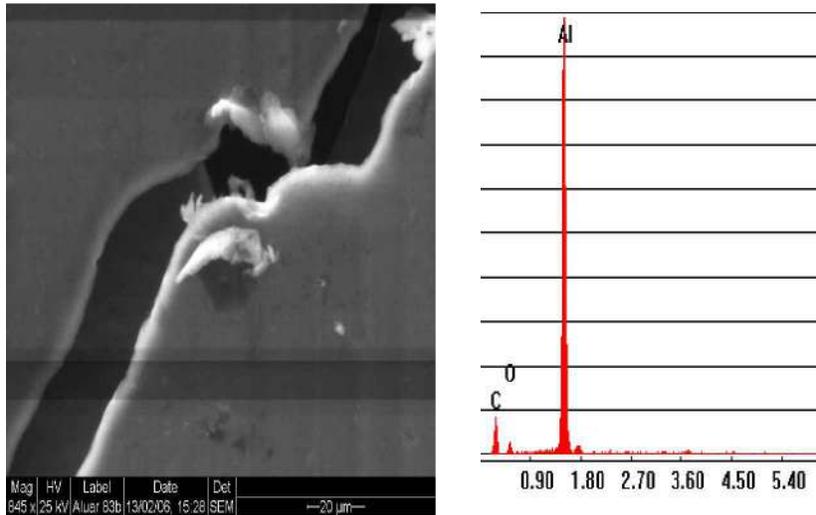
En este caso se observa una mancha distinta donde se presuponía que se trataba de un insecto, lo que puede ser válido debido a los altos contenidos de carbono hallados en la muestra.



Mancha en la banda vista en forma macroscópica y analizada en su interior.

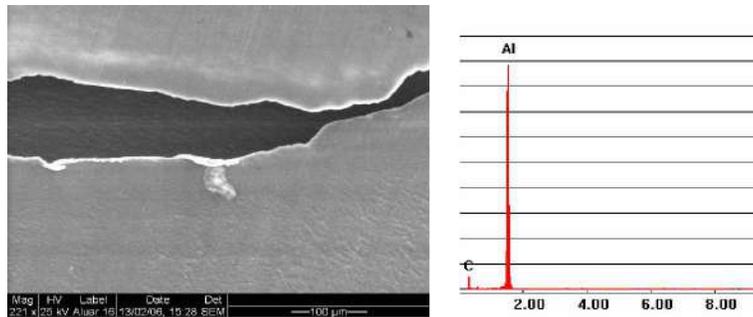


Fisura en el metal, que puede verse a ojo desnudo como una arruga



Aquí hay dos casos de engranaduras de distinto tipo. Se ve que son defectos mecánicos ya que no hay picos de otros elementos que indiquen la presencia de partículas foráneas

Tipo dos:



Tipo tres:

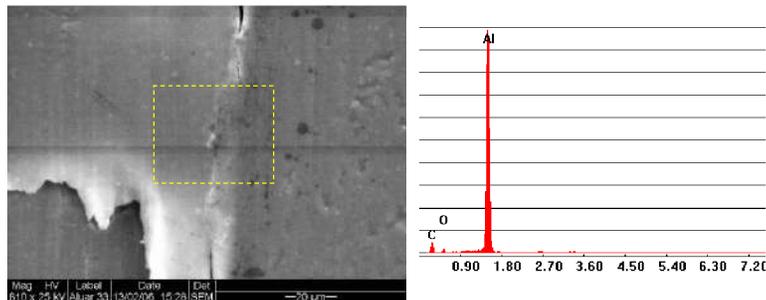


DIAGRAMA CAUSA EFECTO

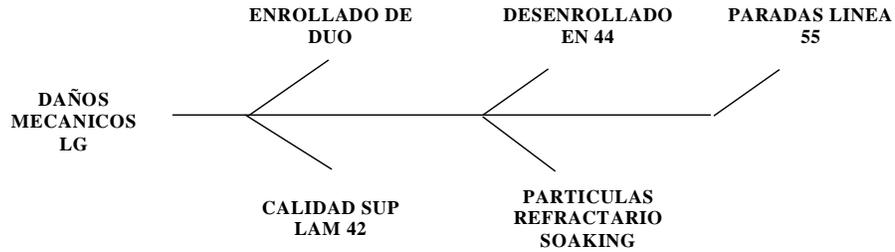


DIAGRAMA CAUSA EFECTO

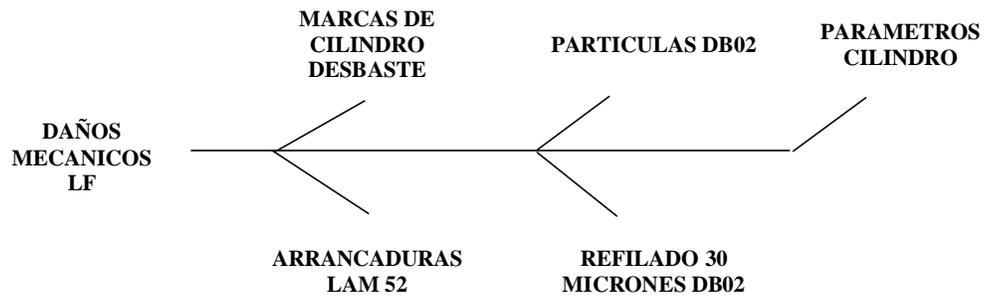
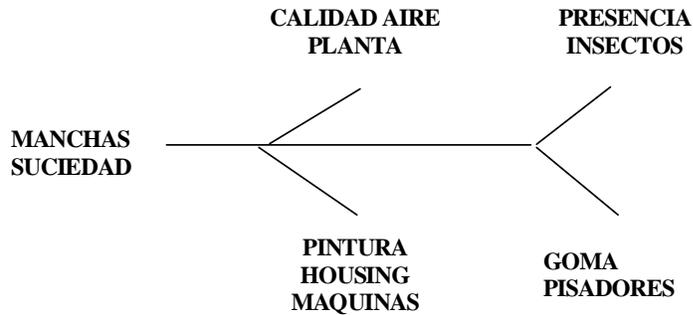


DIAGRAMA CAUSA EFECTO



MATRIZ DE PRIORIZACION

DAÑOS MECÁNICOS L.G.

Causas	A	B	C	D	E	Suma	Referencia
A		1	1	1	1	4	Enrollado de Dúo
B	0		1	1	1	3	Calidad superficial lam 42
C	0	0		1	1	2	Desenrollado en 44
D	0	0	0		0	0	Partículas refractario
E	0	0	0	1		1	Paradas línea 55

Por lo tanto las causas más importantes son:

- Enrollado de Dúo.
- Calidad superficial laminador 42.
- Desenrollado en 44.
- Parada línea 55

MATRIZ DE PRIORIZACION

DAÑOS MECÁNICOS L.G.

Causas	A	B	C	D	E	Suma	Referencia
A		1	1	1	1	4	Enrollado de Dúo
B	0		1	1	1	3	Calidad superficial lam 42
C	0	0		1	1	2	Desenrollado en 44
D	0	0	0		0	0	Partículas refractario
E	0	0	0	1		1	Paradas línea 55

Por lo tanto las causas más importantes son:

- Enrollado de Dúo.
- Calidad superficial laminador 42.
- Desenrollado en 44.
- Parada línea 55

MATRIZ DE PRIORIZACION: MANCHAS

Causas	A	B	C	D	Suma	Referencia
A		1	1	1	3	Calidad aire planta
B	0		1	1	2	Presencia de insectos
C	0	0		1	1	Goma pisadores
D	0	0	0		0	Pintura housing máquinas

Por lo tanto las causas más importantes son :

- Calidad aire planta.
- Presencia de insectos
- Goma pisadores

MATRIZ DE PRIORIZACION:
MANCHAS

Causas	A	B	C	D	Suma	Referencia
A		1	1	1	3	Calidad aire planta
B	0		1	1	2	Presencia de insectos
C	0	0		1	1	Goma pisadores
D	0	0	0		0	Pintura housing máquinas

Por lo tanto las causas más importantes son :

- Calidad aire planta.
 - Presencia de insectos
 - Goma pisadores
-

PLAN DE ACCION (Laminación gruesa)

QUE	COMO	CUANDO	DONDE	QUIEN
Mejorar el bobinado	Reparar cojinetes colocando nuevas micartas	14 enero	Aluar	Gaitán
Disminuir marcas de mordida	Aumentando la concentración de aceite	26 enero	Aluar	Turun Barrere
“	Mejores cepillos (Brasil)	21 febrero	Aluar	Padula
Mejor desenrollado del 44	Reorientación picos lubricante	10 febrero	Aluar	Mantenimiento mecánico

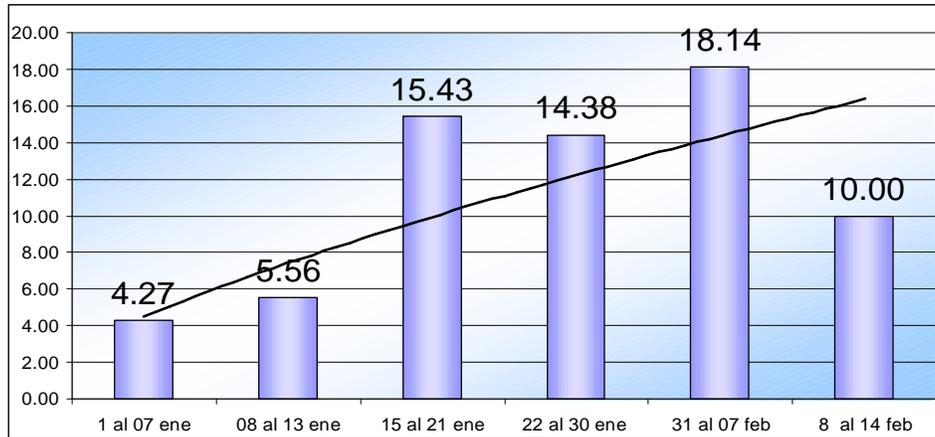
ARRANCADURAS LAM 52:

Daño en el sentido de laminación. Este defecto es importante cuando se hace visible en ambas caras del foil.



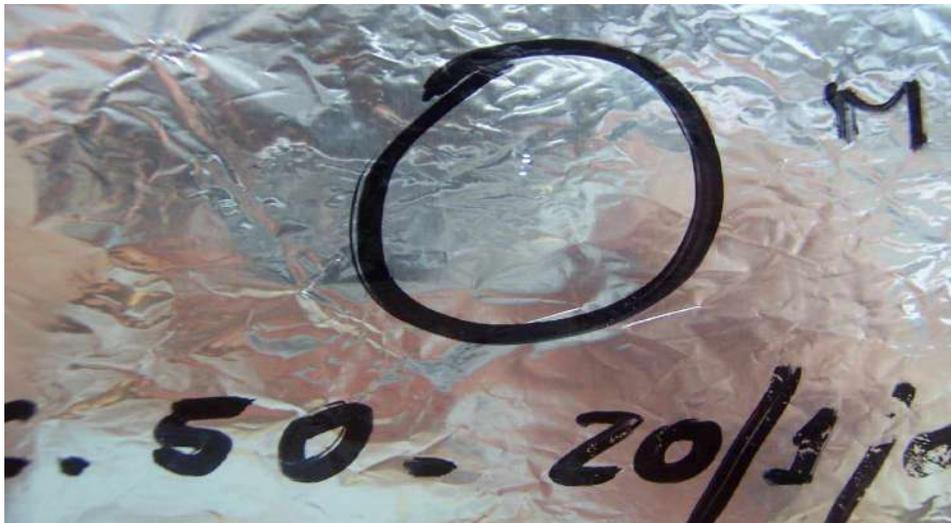
INDICE DE CAMBIO DE CILINDRO (Ton/Cilindro)

Periodo	Produccion	Cil	Indic	Objetivo
1 al 07 ene	47	11	4.3	20.0
08 al 13 ene	50	9	5.6	20.0
15 al 21 ene	108	7	15.4	20.0
22 al 30 ene	115	8	14.4	20.0
31 al 7 feb	127	7	18.1	20.0
8 al 14 feb	80	8	10.0	20.0



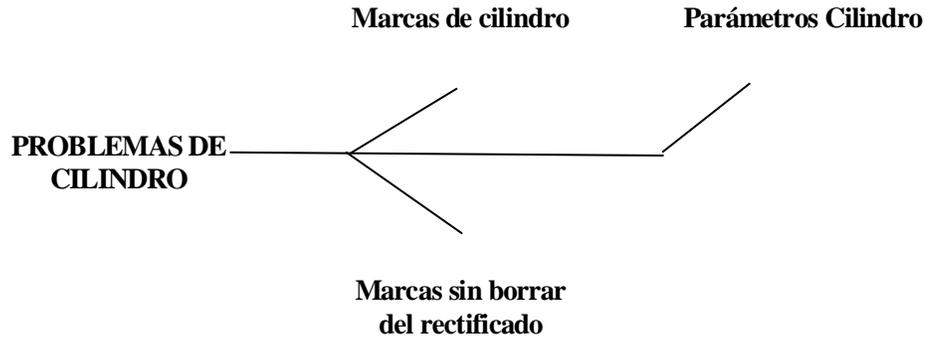
Marcas de cilindro

Las marcas de cilindros son causadas por imperfecciones en los cilindros que se deben a defectos de superficie, excesos de aceite de lubricación, picos en los cilindros que coinciden y crean una disminución excesiva del material en zonas puntuales debilitándolo para pasadas posteriores. Todo este tipo de discontinuidades en la banda provocan la rotura de la misma aguas abajo en el proceso.



Baja utilización y productividad por problemas en cilindros Laminador CC5000

DIAGRAMA CAUSA EFECTO



MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

CAUSAS	A	B	C	SUMA	REFERENCIA
A		1	1	2	Marcas de cilindro
B	0		1	1	Parámetros del cilindro
C	0	0		0	Marcas sin borrar del rectificado

Por lo tanto las causas principales más importantes son:

- Marcas de cilindro.
- Parámetros del cilindro.
- Marcas sin borrar del rectificado.

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

CAUSAS	A	B	C	SUMA	REFERENCIA
A		1	1	2	Marcas de cilindro
B	0		1	1	Parámetros del cilindro
C	0	0		0	Marcas sin borrar del rectificado

Por lo tanto las causas principales más importantes son:

- Marcas de cilindro.
- Parámetros del cilindro.
- Marcas sin borrar del rectificado.

PARÁMETROS DE CILINDRO

QUE	COMO	CUANDO	QUIEN	DONDE
CILINDROS LUGANO	CAMBIO PIEDRAS VITRIFICADAS POR RESINOSAS (LIGA)	1 FEBRERO	L. GAITÁN	ALUAR
TERMINACIÓN CILINDROS	DE ALTA 50 Y54 D220, T320	20 ENERO	L. GAITÁN	ALUAR
R FINISH LAM 52	REALIZAR PRODUCCIONES EN MÁQUINA WS1720	15 FEBRERO	L. GAITÁN	ALUAR
CONTROL ADICIONAL	REALIZADO POR SUPERVISOR AL PIE DE MÁQUINA	15 ENERO	L. GAITÁN/ M. BOTTI	ALUAR

CONCLUSIONES:

Una primera observación a realizar es que en la industria no se dividen de igual manera las áreas que en el ámbito académico. Allí encontramos distintos sectores (producción, procesos, ing. industrial, calidad, desarrollo de producto, desarrollo de procesos, compras, ventas, ect.) en donde trabajan en conjunto y de manera interdisciplinaria personas que realizaron sus estudios en distintas áreas (ing. industrial, ing. metalúrgica, electromecánica, mecánica, en sistemas)

Este hecho lleva a que el tipo de de trabajo a realizar se encuentre más marcado por el trabajo en sí y el área de pertenencia que por el tipo de base académica adquirida durante los estudios.

Este modo de organización del trabajo era totalmente desconocido antes de realizar la experiencia laboral y consideramos que son conocimientos que los estudiantes deberían adquirir durante la carrera. Por otro lado, teniendo en cuenta que la mayoría opta por un trabajo en la industria, tendría que haber una mayor disponibilidad de pasantías.

Un nuevo punto a destacar, que se relaciona con la observación anterior es que en el tipo de trabajo realizado fue necesario interactuar (trabajar en conjunto, organizar reuniones o simples entrevistas) con personas que tienen asignadas tareas muy diferentes y provienen de formaciones totalmente distintas:

- § Ingenieros, de distintas ramas
- § Técnicos, que trabajan en el sector calidad (en el laboratorio)
- § Operarios
- § Supervisores de planta
- § Mecánicos
- § Pasantés

Con lo cual resulta muy productivo contar con la información provista por la facultad, en especial con la cátedra de escuela de liderazgo, para poseer herramientas para presentar la información recopilada de manera organizada, y por otro lado compilar información de modo más formal y metódico que el que surge de una charla informal.

Otra observación posible es que a partir de la experiencia en la pasantía, y de observar como se manejan los ingenieros dentro de la empresa (reuniones

interdisciplinarias en la que cada representante de área presenta la información con la que cuenta, para llegar a acuerdos comunes) es que resulta sumamente provechoso adquirir conocimientos sobre manejo de información y comportamiento de grupos, como es el caso de las material Escuela de liderazgo y RPI.

Las materias mencionadas brindan herramientas para:

- Presentar la información con la que se cuenta de la manera más clara posible
- Compilar información de manera metódica y organizada
- Comunicar la información de manera clara y eficaz, tanto a los superiores como a los operarios.
- Saber delegar tareas y responsabilidades (en el caso particular de la pasantía, nosotros fuimos haciéndonos cargo, a lo largo de su transcurso, de actividades del día a día de la empresa que solo podía hacer nuestro jefe, ayudando a que se pueda ocupar de otros asuntos dentro de la empresa o en el exterior).

La realización de los trabajos expuestos implicaron un alto grado de interacción con personas (ingenieros técnicos y operarios) de diferentes ramas de la industria.

Dicha actividad así como el trabajo en planta resultó muy útil para comprender las funciones que desarrolla un ingeniero en la industria.

El reto de realizar trabajos en forma paralela y de cómo poder interrelacionar entre los mismos, generó o terminó de armar una forma de analizar los problemas iniciada en la facultad.

Uno de los puntos más importantes de la pasantía y el trabajo en ella desarrollado, fue el poder poner en uso todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica y de cómo existen diferencias y similitudes con la realidad de una planta industrial.

Manual de defectos:

Este trabajo fue el proyecto que nos llevó la mayor parte de tiempo de estadía. Este manual era un punto pendiente de la empresa y el sector desde hace mucho tiempo debido a que no se contaba con ingenieros con el tiempo suficiente para realizarlo. Nos fue encomendado para darle una estructura y organizar la información del modo que creamos conveniente.

Este desafío fue una buena medida para nosotros para poder demostrar la habilidad adquirida en trabajos de recopilación de datos, manejo de información y responsabilidad en el manejo de proyectos, ya que durante su realización nos fuimos fijando metas y tiempos para realizarlas en forma periódica. A su vez nos ayudo a comprender mejor los conceptos, tanto del proceso como de la información adquirida en las cátedras en nuestra universidad.

Se cumplió con el compromiso adquirido en los tiempos pautados, teniendo para esto, que extender las últimas jornadas laborales.

El manual tuvo excelente aceptación por parte de los ingenieros del área de trabajo y la gerencia de la empresa.

Realización de carpetas de muestras de defectos:

El armado de estas carpetas, nos ayudó mucho a poder focalizar nuestros esfuerzos para encontrar cuales eran las posibles fuentes de las roturas de bandas. Este trabajo implicó poder realizar una clasificación de los defectos en forma rápida, debido a la cantidad de muestras que analizábamos de todos los turnos como de los centros de costos.

Además de ser un trabajo que continúa en la actualidad, la recopilación de muestras contribuyó en la generación del manual debido a que ayudó a focalizarnos en cuáles eran los principales procesos de falla que se producían y por qué.

Análisis de los lubricantes:

Este trabajo nos ayudó a descubrir el funcionamiento de los filtros y cuales podían ser los parámetros a corregir. Nos ayudó a comprender y complementar los conceptos vistos en los cursos de la facultad. Se utiliza la palabra complementar puesto que se observó el funcionamiento de filtros de mayor actualidad industrial que los estudiados.

El manejo de datos en forma masiva generó en nosotros un criterio de análisis para obtener en forma rápida los valores deseados para el estudio que se realizaba.

Verificación del rectificado de los cilindros:

Este trabajo ayudó como la mayoría de los realizados en forma paralela al manual a encontrar posibles fuentes generadoras de defectos, así como poder ver el funcionamiento de los distintos procesos que se realizan en la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- ALUMINIO, HISTORIA Y PROPIEDADES Calandra – Káiser
- ALUMINUM PROPERTIES AND PHYSICAL METALLURGY American Society for Metals _ Edited by John E. Hatch _ Ninth printing, October 1999
- ALUMINUM ROLLING (PROCESS PRINCIPLES & APLICACIONES) _R.V. Singh B. Sc. Engg. Mechanical_ A publication of The minerals, Metals & Materials society www.tms.org 2000.
- ALUMINUM ROLLING MILL TECHNOLOGY _ Achenbach Buschhoetten _ 2002
- ALUMINUM STANTARDS AND DATA _ The Aluminum Association _ 2003
- FOIL CONDITIONS AND DEFECTS-._ Kaiser Aluminum & Chemecal Corporation_ second edition June 30, 1961.
- LAMINADOS_ Kicsa Aluminio _ Septiembre 1988.
- METALOGRAFIA DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES_ RODOLFO ACUÑA LAJE - DPTO. METALURGIA, ALUAR Aluminio Argentino S.A.I.C., Puerto Madryn, Argentina – 1992
- PROBLEM SOLVING Indalex Aluminum Solutions
- PROCESOS DE FABRICACION DEL ALUMINIO.-_ Kaiser Aluminum Primera Edicion.
- QUALITY CHARACTERISTICS OF ALUMINUM SHEET AND PLATE- _ Kaiser Aluminum- Fourth Edition 1970.
- VISUAL QUALITY ATTRIBUTES OF ALUMINUM SHEET ALD PLATE -_ The Aluminum Association_ Second edition June 1991
- DOCUMENTOS DE ALUAR DIVISIÓN ELABORADOS:
 - Aceites de Laminación
 - Aplicación del método de resolución de problemas PDCA
 - Curso Básico.

- Historia del aluminio y sus propiedades.
 - Instructivo para crear reportes
 - Mecánica de la laminación.
 - Proceso de Fundición - Descripción General Y Memoria Descriptiva De Los Procesos Productivos
 - Proceso de Fundición.
 - Proceso de laminación.
-
- **NORMAS DE ALUAR DIVISION ELABORADOS:**
 - **ETM 0001** Aceites aditivados para laminación en frío.
 - **ETP 2020** Niveles de terminación estándares en foil de aluminio
 - **ETP 3005** Calidad de placas fresadas
 - **ETP 3009** Terminación superficial de productos laminados.
 - **ETP 3026** Foil stock para conversión.
 - **ETP-4002** placas para deformación plástica por laminación origen interno
 - **IT 092010** Manipuleo y control de foil stock
 - **IT 092027** Control de aceites en laminadores en frío (CC 44, 50, 52, 54).
 - **IT 093009** Laminador dúo Limpieza
 - **IT 152001** Manipuleo, almacenamiento, conservación y entrega de productos terminados de laminación.
 - **PLC 2001** Bobinas para fin stock Refilado final
 - **PLC 3018** Rollos de foil stock, para fin stock, verificación en CC55

**ANEXO A: Informe de las actividades realizadas durante la pasantía de verano
llevada a cabo en el período comprendido entre el día lunes 16 de enero de 2006 y
el día viernes 31 de marzo de 2006**

Objetivo

El objetivo de este informe consiste en dar una descripción detallada de las tareas llevadas a cabo en el transcurso de la pasantía realizada en la empresa **Aluar División Elaborados**, situado en la localidad de Abasto, en el kilómetro 54 de la autovía 2, durante el periodo comprendido entre el día lunes 16 de enero de 2006 y el día viernes 31 de marzo de 2006

Desarrollo

El trabajo implicaba una carga horaria de nueve horas diarias de lunes a viernes. Completando así una carga horaria total de 495 horas. Nuestro labor se llevó a cabo en el área de Ingeniería Industrial en la sección de Procesos de Laminación. Y bajo las ordenes y supervisión de los Ingenieros Metalúrgicos Oscar Turun Barrere, Nahuel Mirensky y Marcelo Godoy.

En el comienzo de la pasantía cumplimos con un período de inducción que se puede dividir en tres etapas:

Una primera etapa consistió en un curso de seguridad e higiene industrial con el objetivo de brindarnos los conocimientos necesarios para movernos dentro de la planta sin exponernos a peligros innecesarios. El mismo fue dictado por el jefe de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente de la planta, Emir La Fuente y a su término se rindió un examen escrito de tipo opción múltiple en el que era requisito necesario obtener una calificación mayor a 7 puntos (1 – 10). El material con el que se trabajó en este curso fue provisto días antes de ingresar a la empresa vía correo electrónico. Luego, en la planta, se recorrieron las instalaciones a modo de comparar las medidas de seguridad e

higiene que allí regían con las medidas indicadas en el manual. Esta tarea tubo una duración de 9 horas.

El paso siguiente consistió en recorrer todos los sectores de la planta. Siguiendo cada una de las etapas del proceso de producción de aluminio elaborado; desde la recepción de la materia prima (aluminio primario y chatarra de aluminio) hasta el embalaje de los productos ya elaborados pasando por los dos caminos posibles ya sea que se trate de productos extruidos o productos laminados. En cada sección se realizó una reunión con el jefe o encargado de la misma quien nos resumió la forma en la cual se trabaja y con quien se realizó una recorrida por todo el sector resaltando lo pasos del proceso que se realizan en el mismo. Este dinámica se repitió a lo largo de toda la línea de producción pasando por los siguientes sectores:

- **Fundición:** Observando los pasos de preparación de carga, combinación de recortes, lingotes, ligas madre, fusión, escoriado, desgasificado, toma de muestras para chispa en el laboratorio, trasvaso de horno de fusión a cuchara de colada, colado sobre mesa de placas o barrotes, tratamiento térmico de homogeneizado y enfriamiento, corte y preparación de tochos para extrusión, almacenado de placas y tochos.
- **Matricería:** Preparación de planos para nuevos perfiles, armado de la placa madre donde se maquinará el perfil, maquinado del perfil “hembra” por electro-erosión o corte por hilo, ensamblado de la boquilla, puesta a punto de matrices viejas o nuevas luego de pruebas fallidas, rectificado de matrices, lavado de matrices ya usadas en baño de soda cáustica, almacenado de matrices, planeamiento y programación de uso de las prensas.
- **Extrusión:** Colocación de la matriz en la prensa, proceso de calentado de tocho, presentación del tocho dentro de la prensa, proceso de prepresado del tocho y posterior extrusión del mismo, mesa de estirado y corte de los perfiles, tratamientos térmicos de temple, proceso de pintado por estática, embalaje y pesado para el envío.
- **Laminación:** Lleva los siguientes pasos, fresado de la placa, horno para homogeneizado y elevación de temperatura a temperatura de laminado, laminado en

caliente (laminador DUO 4200), primer laminado en frío (cuarto de chapa laminador 4400), refilado (laminador 55), recristalizado en hornos.

- **Laminación gruesa:** Gofrado (proceso de deformación plástica aplicado a las chapas con el fin de obtener diferentes texturas), cortado, refilado de los bordes, embalado del material, pesado.
- **Laminación fina:** desbastado, refilado, doblado, terminado, separado, hornos de recristalización, embalado, pesado.
- **Administración:** RRHH, compras, sistemas, gerencia. Esta última parte se hizo en la planta de Abasto y también en la planta de Lugano pues en esta es donde se encuentra la parte comercial de la empresa. Con Eduardo Ghione se realizó un curso intensivo para aprender a usar el programa que regula el flujo de producción dentro de la empresa.

Esta parte del proceso tuvo una duración aproximada de cuatro días, recorriendo la planta principal ubicada en Abasto, y la planta secundaria donde se encuentran el sector de trefilado y ventas ubicada en la localidad de Lugano

Una tercera y última etapa del periodo de inducción, la cual en ocasiones se intercalaba con la segunda etapa para facilitar su desarrollo, consistió en la lectura de documentos de la propiedad de Aluar División Elaborados en los que se explica detalladamente los pasos del proceso y las variables a tener en cuenta en cada uno de ellos. A continuación se presentan los títulos de algunos de los mismos:

- Curso Básico.
- Historia del aluminio y sus propiedades.
- Mecánica de la laminación.
- Proceso de Fundición.
- Proceso de laminación.

Esta etapa se extendió durante dos semanas, mezclándose con el desarrollo de nuestras primeras actividades ajenas al curso de inducción.

Al terminar el período de ambientación fuimos asignados al sector de Ingeniería Industrial, en la parte de Procesos y dentro de este sector a la parte de Laminación.

Aquí, nuevamente se nos dio material de lectura, no a modo de introducción sino que esta vez el mismo fue mas específico, detallando paso por paso este proceso, describiendo las variables puestas en juego en el mismo y las consecuencias que conlleva su variación. Observándose, en algunos casos, gran similitud con lo visto en ciertas secciones de las materias de nuestra carrera: *Procesamiento 1* y *Metalurgia aplicada*.

En paralelo a esto se realizaron varias recorridas por el sector de laminación de la planta en compañía de nuestros supervisores, explicándonos en detalle el trabajo que ellos realizan, las características del proceso y de las maquinas utilizadas.

Durante el transcurso de la pasantía realizamos dos trabajos principales que ocuparon gran parte de nuestro tiempo, y que estaban planificados desde los primeros días de pasantía (confeccion del Manual de defectos de laminación y Análisis de falla de uno de los laminadores (CC50). También se realizaron algunos trabajos periféricos, que surgían por pedido de nuestros supervisores, en la mayoría de los casos relacionados con los otros antes nombrados.

ANEXO B: OTROS TRABAJOS REALIZADOS

- **Seguimiento de los niveles de aditivos en el lubricante de los laminadores:**

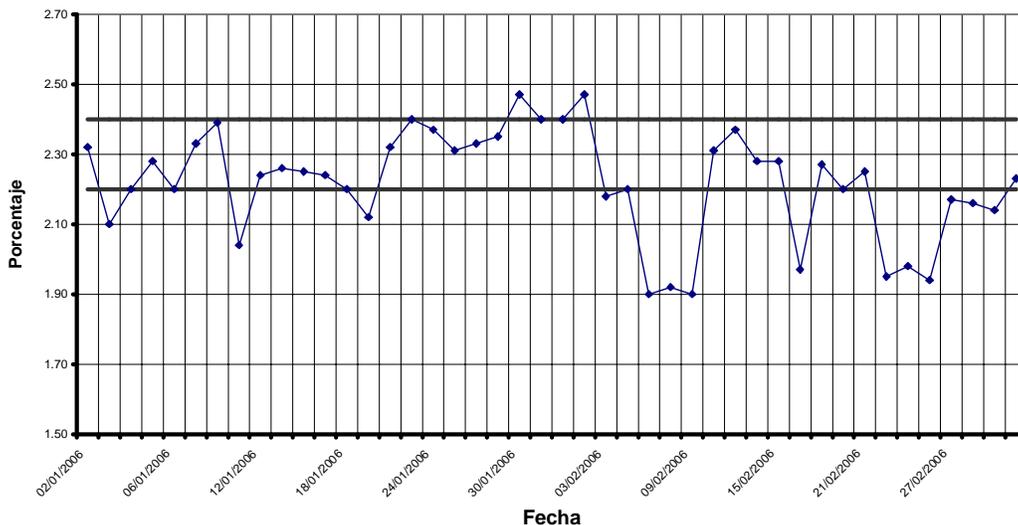
A pedido del ing. Oscar Turun Barrere se monitorearon los niveles de aditivos de los aceites lubricantes de los laminadores CC 5000, CC 5200 y CC 5400, haciendo gráficos de tendencia y controlando si están fuera o dentro de especificación.

Para tal efecto se utilizó un programa de gestión de calidad específico para el manejo de los aceites, del cual se extrajeron los porcentajes de aditivos de los aceites de laminación. Estos valores son ingresados al sistema por el personal de laboratorio que es el que realiza las mediciones. El muestreo se realiza con una frecuencia diaria.

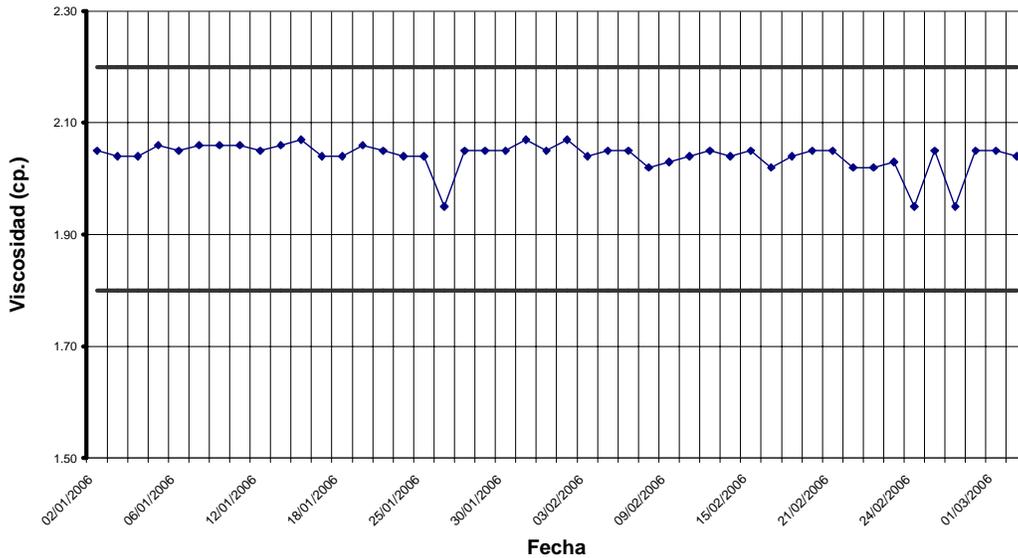
Se obtuvieron los datos desde el 1ro de enero de 2006 hasta el 15 de marzo de 2006.

Luego de presentado este trabajo a nuestro supervisor se decidió cambiar la concentración de los aditivos de uno de los laminadores (C.C. 5400)

Porcentaje de alcohol láurico en el lubricante del cc 52 desde el 01/01/2006 hasta el 02/03/2006

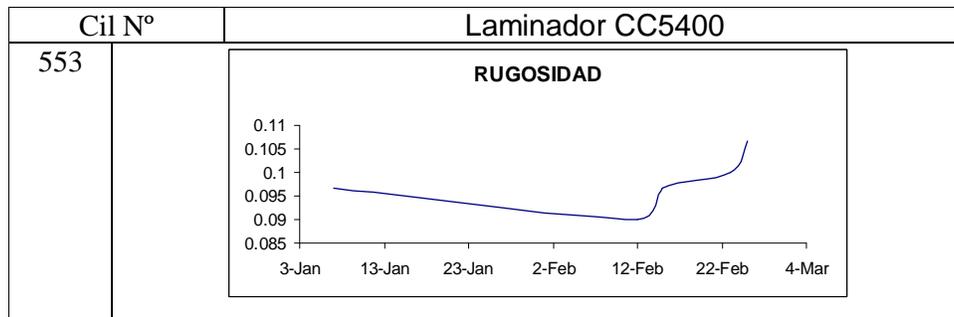


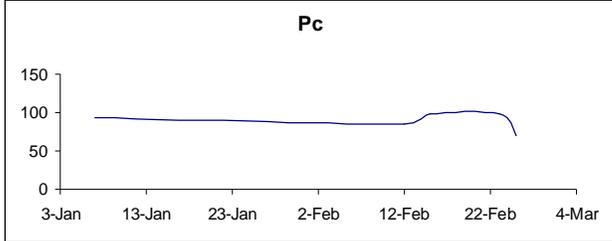
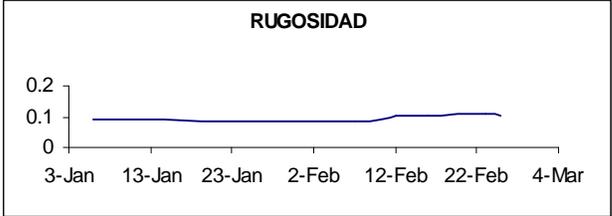
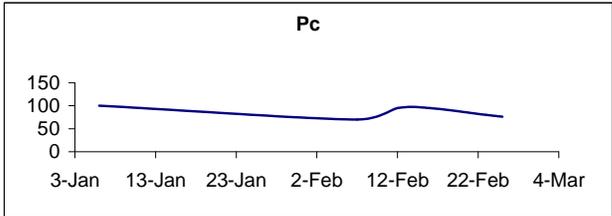
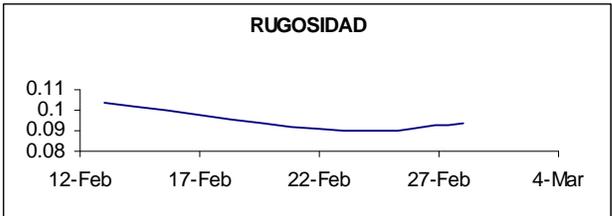
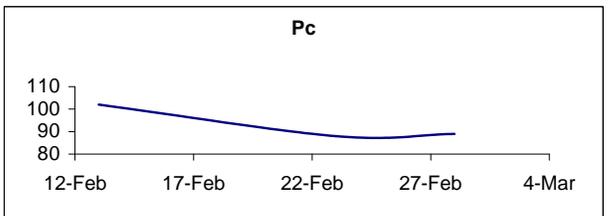
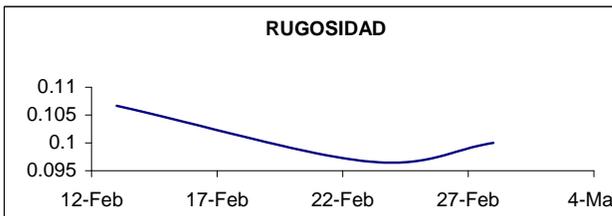
Viscosidad del aceite del CC 52 desde el 01/01/2006 hasta el 02/03/2006

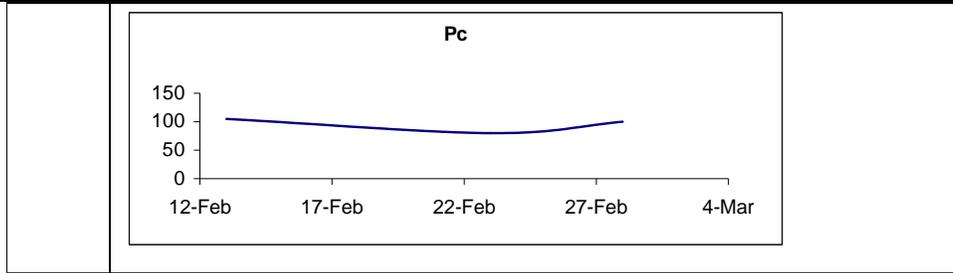


- **Seguimiento de las rugosidades de los cilindros:**

A pedido del ing. Oscar Turun Barrere se monitoreó la evolución de las rugosidades de los cilindros de laminación utilizados en los laminadores CC 5400 y CC5200. Se realizaron gráficos de tendencia de las dos distintas rugosidades que manejan los cilindros. Se compararon los valores obtenidos con los valores indicados en la norma.



	 <p>Pc</p> <p>Y-axis: 0, 50, 100, 150 X-axis: 3-Jan, 13-Jan, 23-Jan, 2-Feb, 12-Feb, 22-Feb, 4-Mar</p>
554	 <p>RUGOSIDAD</p> <p>Y-axis: 0, 0.1, 0.2 X-axis: 3-Jan, 13-Jan, 23-Jan, 2-Feb, 12-Feb, 22-Feb, 4-Mar</p>  <p>Pc</p> <p>Y-axis: 0, 50, 100, 150 X-axis: 3-Jan, 13-Jan, 23-Jan, 2-Feb, 12-Feb, 22-Feb, 4-Mar</p>
559	 <p>RUGOSIDAD</p> <p>Y-axis: 0.08, 0.09, 0.1, 0.11 X-axis: 12-Feb, 17-Feb, 22-Feb, 27-Feb, 4-Mar</p>  <p>Pc</p> <p>Y-axis: 80, 90, 100, 110 X-axis: 12-Feb, 17-Feb, 22-Feb, 27-Feb, 4-Mar</p>
560	 <p>RUGOSIDAD</p> <p>Y-axis: 0.095, 0.1, 0.105, 0.11 X-axis: 12-Feb, 17-Feb, 22-Feb, 27-Feb, 4-Mar</p>



- **Control diario del estado de almacenamiento del foil**

Se realizó un control diario del estado del *foil stock* (módulo de la planta en donde se almacenan los rollos que van a ser laminados hasta espesores finales menores a los 50 μm), viendo las fallas en el mismo y denunciándolas a nuestro jefe para que realice un acta de no-conformidad, en el caso de que fuera necesario, con el fin de que se pueda seguir durante el proceso al material mal manipulado de tal manera de poder controlarlo pues se sabe que el riesgo de falla del mismo aumenta al incrementarse la magnitud del defecto. Para esto se utilizaron algunas normas internas de la empresa que regulan las condiciones admisibles (ver sección bibliografía consultada).

Se detectaron defectos como: suciedad (partículas metálicas y no metálicas), golpes de carro, humedad, manchas de aceite, mal estibado de los rollos, mal estado de las cuñas de apoyo sobre las que se colocan los rollos para ser enfriados (en la mayoría de los casos no poseían las placas de aluminio que protegen los rollos), etc.

Por ejemplo, se hizo un escaneo con un imán en busca de partículas ferrosas en el foil luego de ser observados operarios cortando una estructura de metal con una amoladora y ver que las chispas se dirigían hacia el lugar de almacenamiento. Se encontró gran cantidad, siendo las mismas muy perjudiciales en el caso de ingresar al laminador. Con lo cual, luego de una reunión en que fueron noticiados los ingenieros Oscar Turun Barrere y Marcelo Botti, se decidió lavar los rollos con aceite de laminación antes de que estos ingresen a los laminadores.

Sin embargo esta medida fue suspendida al informar el jefe de seguridad Emir La Fuente del aumento del riesgo de incendio que se estaba generando al incurrir en esta técnica.

Otra consecuencia de este rastreo de partículas ferrosas fue la inspección de las cuchillas de refile utilizadas por la refiladora y los laminadores ya que las mismas se utilizan para cortar los bordes de material antes de ser laminados, y si estas se rompen, las partículas de cuchillas ingresan al laminador. Para su confección se utilizan aleaciones de cromo-vanadio, con lo cual poseen una extrema dureza lo que agrava aún más la situación.

Al realizar dicha acción se encontraron numerosas cuchillas, de origen nacional, marca “SIN PAR” que no deberían estar en funcionamiento pues se comprobó que las mismas son muy frágiles y con pequeños golpes o vibraciones de las máquinas pueden astillarse. Luego de informar este hecho se elaboró un acta y se procedió a sacar de circulación a las mencionadas cuchillas

Esta tarea de inspección de los rollos de aluminio fue realizada a lo largo de toda la pasantía.

- **Seguimiento de placas a través del proceso de laminación:**

Al realizar el estudio de los cortes producidos en el laminador CC 5000 (encargado de impartir las últimas deformaciones plásticas al foil de aluminio), además de observar las variables que podían inducir dichos cortes en ese sector se decidió buscar aguas arriba del proceso en busca de posibles errores, que generen fallas pero que éstas no se vuelvan críticas si no hasta su pasaje por el centro de costo antes nombrado.

Para tal fin se retiraron muestras a la salida del primer laminador en frío (CC 4400), luego del refilado (CC 5500) y se las adonizó con el fin de que resalten los posibles defectos. Se realizó un examen de cada

muestra en busca de empastaduras, pecas y otras fallas superficiales por medio de inspección ocular u observación al microscopio.

Los resultados de este análisis se volcaron en una planilla junto con la observación OK, en el caso de que la muestra no presente grandes inconvenientes o KO en el caso de que la muestra presente numerosas fallas.

El criterio para este análisis fue descripto por el ing. Oscar Turrún Barrere.

A continuación se procedió a seguir estas partidas de material a lo largo de los siguientes pasos y a llevar un conteo de la cantidad de cortes sufridos.

Por último se realizó una comparación de los resultados obtenidos de esta manera con los resultados obtenidos en las muestras de material original en busca de relaciones.

- **Obtención de la curva de enfriamiento de rollos de aluminio salientes del laminador CC 5000.**

Se obtuvieron curvas de enfriamiento de distintos rollos de aluminio con el fin de encontrar una posición óptima de los ventiladores para realizar un enfriamiento eficiente.

Para tal efecto, se planteo un análisis de transferencia de calor considerando la anisotropía que presente el coeficiente de transferencia de calor por conducción ya que en el radial nos encontramos con un sistema de tipo “en capas” construido por laminas alternadas de Aluminio – lubricante – aire. Y en el sentido axial nos encontramos los mismos componentes del sistema pero actuando en forma paralela al sentido de transferencia de calor.

Se tomaron temperaturas en distintas partes del exterior de la bobina, desde la salida del laminador, en intervalos de tiempo constante, hasta alcanzar la temperatura necesaria para su ingreso al siguiente centro de costo. Se graficaron los perfiles obtenidos, y se compararon los

tiempos de enfriamiento según las condiciones de enfriamiento impuestas.

Se discutieron los resultados obtenidos con el ingeniero Marcelo Godoy con quién se comentaron los cambios que se deberían hacer en el sector en base a las falencias observadas.

- **Confección de un informe de los resultados obtenidos de las muestras analizadas en el laboratorio de Aluar Primarios (Puerto Madryn) y la universidad de La Plata:**

Se realizó un informe con el objetivo de organizar la información obtenida de los laboratorios con el motivo de incluirla en el análisis de falla del laminador CC 5000 y presentarla además, ante el Jefe de procesos, el ingeniero Oscar Turrún Barrere y el Gerente de laminación, el ingeniero Norberto González.

- **Inspección de las condiciones de limpieza generales de la planta, obteniendo evidencia fotográfica e informando a nuestros jefes:**

Debido al alto índice de cortes que se producían en los laminadores causados en algunos casos por suciedad laminada de origen ferroso, cerámico, partículas de aluminio, elementos ajenos a la aleación con que se trabaja, etc. se decidió la inspección de la planta en busca de factores que causaran la mugre en los rollos y el posterior corte en el laminador. En esta actividad y a lo largo de periódicas recorridas se encontraron distintos focos de suciedad:

- Estado de los refractarios que cubren las paredes del “horno de foso” utilizado para el precalentado de placas para el laminado en caliente.

- Condiciones de limpieza de los rodillos de la mesa del laminador en caliente.

- Condiciones en las que están los caños donde se bobinara el rollo en el centro de costos CC 4400 (gran cantidad de oxido de hierro, trozos de aluminio pegado, cinta adhesiva, además de estar muy dañados).

- Condiciones de los cerámicos de los hornos de recocido y los sistemas de ventilación para su enfriamiento (se detectaron problemas con salpicaduras de los ventiladores en los rollos).

- Problemas con la protección de los rollos en la sala de enfriamiento previa al laminador CC 5200:

- © Durante la instalación del puente grúa en la nave, los rollos se encontraban sin cobertura alguna.

- © El portón de la nave tiene una luz de tal modo que siempre se lo observa como “entreabierto” permitiendo el ingreso de partículas extrañas. En otros casos se lo pudo observar completamente abierto por períodos prolongados de tiempo.

- © Cuando llueve este factor se incrementa con el ingreso de agua pues el piso no posee una canaleta contra derrames y tiene la caída hacia el interior de la nave.

- © Con el antecedente del puente grúa se realizó la obra de extracción de la pared divisoria sin proteger los rollos. Durante dicha obra se generaron importantes cantidades de polvo de cemento, viruta de hierro. Y se

desprendió la suciedad atrapada entre las chapas de la pared retirada.

© Se realizó un intento de protección de los rollos pero se cometió el error de utilizar un film de polietileno sobre las bobinas con elevada temperatura lo que generó que la película se funda y se introdujera en los laterales de los rollos.

o Limpieza y orden dentro de la nave de foil:

© Se encontraron en más de una ocasión rollos apoyados en el suelo con caballetes libres, provocando que la suciedad del suelo se adhiera al rollo.

© Se observó en varias ocasiones a los ventiladores apuntando hacia el laminador C.C. 5000. Esto puede generar corrientes de polvo que ingresen a la máquina.

© En algunos sectores de la nave se detectó que el piso contenía gran cantidad tierra y trozos de aluminio. Sobre todo en las cercanías del container de tierras filtrantes.

© El portón de la enfardadora de refile abierta, dicha maquina acumula los recortes del refile de los laminadores, dobladora y separadora y los compacta en ladrillos para posterior reutilización. Este descuido genera que vuelen partículas de aluminio. Éstas fueron detectadas en los rollos que se estiban cerca de la puerta.

© El container de tierra filtrante pegado a los rollos.

© Puertas de emergencias abiertas, pudiendo generar el ingreso de partículas extrañas e insectos.

© Se tomaron muestras de solvente de la dobladora encontrándose partículas de 30 micrones de diámetro siendo que durante este proceso se dobla foil de aluminio de 15 micrones de espesor y siendo que el solvente se introduce entre las dos láminas dichas partículas pueden generar agujeros.

© Problemas en el filtro del laminador CC 5400, la obstrucción del venturi resulto en que el filtro no pueda generar la torta de tierra filtrante.

○ Control de filtraciones de agua en todos los sectores. Se encontraron goteras sobre los rollos apilados y sobre las maquinas.

- **Compilado y clasificación de muestras de fallas en los laminadores CC 5200 y CC 5400:**

Como complemento de las tareas realizadas en el análisis de falla del laminador CC 5000 se organizaron dos nuevas carpetas conteniendo muestras de los defectos encontrados en los cortes producidos en los laminadores CC 5200 y CC 5400. Con el objetivo de encontrar los principales motivos de cortes.

Para lo que se siguieron los siguientes pasos:

- Se solicitó a los operarios que ante cualquier corte que sufrieran los rollos, se tomara una muestra con el defecto incluido y se dejara en una caja para su posterior análisis.

- Se armó una carpeta para cada laminador con todas las muestras que se fueron recolectando, y en una planilla de excel realizó una tabla interactiva con los porcentajes de cada defecto según la frecuencia de su aparición.

- **Análisis del armado de la refiladora pesada luego de una parada de mantenimiento:**

Luego de una parada programada, se registraron problemas de vibración en el juego de brazos del bobinador de la refiladora CC 9000. Para lo cual se consultó primero a los operadores de la máquina los cuales nos guiaron a cuál podía ser desde su punto de vista el defecto en la máquina. Con esa idea inicial se consultaron los planos de la máquina se comparó con la máquina, y se llegó a la conclusión de que los brazos de soporte del eje bobinador estaban mal posicionados ya que se hallaban rotados y en los enganches opuestos. Se preparó un informe y se lo presentó a la persona que solicitó el trabajo.

- **Inspección de las condiciones de la mesa del laminador dúo:**

La mesa en mal estado puede ser fuente de defectos o cortes aguas abajo del proceso por lo cual se realizó una inspección de la misma, detectándose un engranaje roto y varios rodillos con contrapesos sueltos. Y se detectaron malas condiciones de limpieza en algún sector de la mesa.

Esto fue informado al personal de mantenimiento el cual se encargó de la reparación de las fallas observadas

- **Inspección del filtro de aceite de laminación (emulsión) del laminador dúo (CC 4200):**

Realizando una recorrida por las instalaciones del laminador dúo (CC 4200), junto con el ingeniero Marcelo Godoy, se encontró en los sistemas de filtro una numerosa cantidad de cerdas de los cepillos que se encargan de limpiar los cilindros de laminación (quitan las partículas de aluminio pegadas en este, mejorando la calidad superficial de las laminas y el bobinado). Estas cerdas son de Nylon cargadas con partículas de Carburo de Silicio de tamaño 46 mesh.

Esto es perjudicial pues en el caso de que no sean atrapadas por el filtro pueden ser laminadas, marcando los cilindros o dañando el material. O pueden producir indirectamente engranaduras por hacer que las bobinas queden mal bobinadas. Por otro lado la gran cantidad de pelos encontrados evidenciaba el grave deterioro de los cepillos y la dificultad que tendrían para realizar un correcto trabajo.

Este hecho fué comunicado al gerente y al personal correspondiente y se avanzó en la compra de nuevos cepillos, cambiando el proveedor.

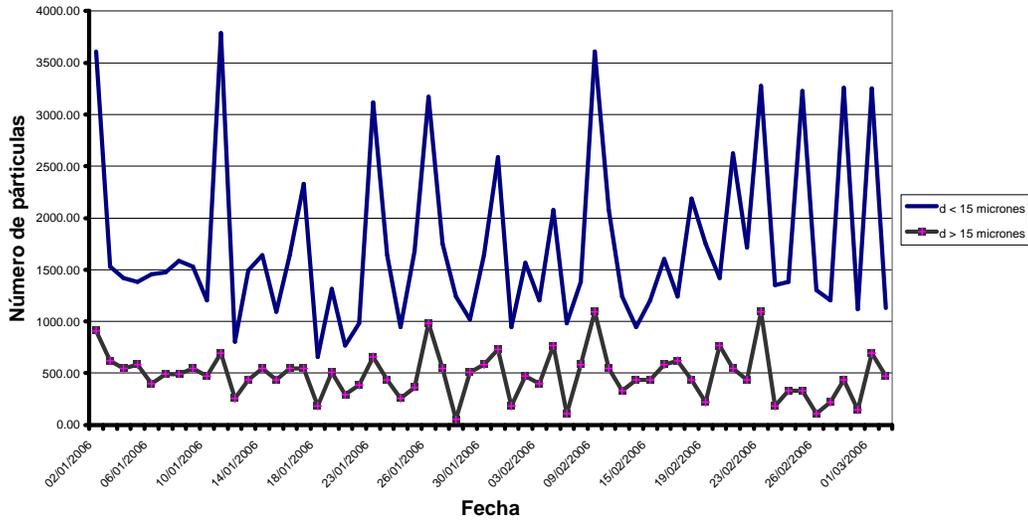
Luego se monitoreó periódicamente el filtro para observar si había habido nuevos desprendimientos.

- **Análisis de las variables de filtrado a tener en cuenta para evitar el exceso de partículas menores a 15 μm en el aceite del laminador CC5000**

Descripción:

Ante la aparición de partículas menores a 15 µm en cantidades superiores a las recomendadas por la norma en el aceite de laminación durante varios días seguidos se presentó ante el jefe de ingeniería de procesos un análisis de las variables de filtrado a tener en cuenta para tratar de evitar tal desviación

**Cantidad de partículas encontradas en el aceite del cc 52
entre el 01/01/2006 y el 02/03/2006**



Ecuaciones que describen el filtrado en filtros tipo torta:

1) Ley de Darcy (empírica):

$$Q = \frac{K\Delta P}{L}$$

En donde:

Q = Caudal de líquido filtrado (aceite en este caso)

ΔP = Caída de presión en el filtro

L = Altura del lecho poroso

K = Constante que involucra varios factores. Entre otros, viscosidad del líquido, porosidad de la torta, diámetro de partícula.

En esta ecuación se observa que para un caudal de filtrado fijo, aumentando el espesor del lecho poroso se obtiene una mayor caída de presión en el circuito, lo que puede interpretarse como un aumento en la eficiencia de filtrado.

2) Modelo teórico que describe el proceso de filtrado:

Planteando un balance macroscópico de materia sobre la superficie del filtro se llega a:

$$L = \frac{(1 - \epsilon^s)V^*}{(\epsilon^s - \epsilon^t)} = \frac{(1 - \epsilon^s)}{(\epsilon^s - \epsilon^t)} \frac{Qt}{S} \quad \left(V^* = \frac{Qt}{S} \right)$$

En donde

Q = Caudal [m^3/s]

t = Tiempo [s]

$Q.t$ = Volumen filtrado [m^3]

S = superficie del filtro [m^2]

ϵ^s = porosidad de la suspensión

ϵ^t = porosidad de la torta

L = Altura de la torta

Planteando un balance macroscópico de energía mecánica sobre el lecho poroso se puede obtener la caída de presión a lo largo del filtro:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{V_o(1 - \varepsilon^t)^2 k\eta}{(\varepsilon^t)^3 Dp^2}$$

En donde:

ΔP = Caída de presión a lo largo del filtro

ε^t = porosidad de la torta

L = Altura de la torta

$$V_o = \frac{\partial V^*}{\partial t} = \frac{\partial \left(\frac{Qt}{S} \right)}{\partial t} = \frac{Q}{S}$$

K = constante

η = viscosidad del aceite

Dp = diámetro de partícula

$$\frac{\Delta P}{L} = V_o R \qquad R = \frac{(1 - \varepsilon^t)^2 k\eta}{(\varepsilon^t)^3 Dp^2}$$

Agrupando las constantes:

R = Resistencia específica de la torta

Si se tiene en cuenta la resistencia del medio filtrante (tela que sostiene la torta), se llega a:

$$\Delta P = V_o RL + V_o R^m = V_o (R^m + RL)$$

R^m = resistencia del medio filtrante.

A partir de aquí se puede observar que un incremento en las variables que aumenten la caída de presión, será lo que favorezca la obtención de un mejor filtrado:

- Al aumentar el espesor de la torta se favorece un mejor filtrado. Esto se puede lograr incrementando la concentración de tierra filtrante en la suspensión, y evitando que el tanque que la contiene se vacíe completamente durante el filtrado, de ocurrir esto último el espesor de la torta caerá notablemente.
- Una disminución del tamaño de partícula de tierra filtrante causa dos efectos:
 - El primer efecto es directo y consiste en el aumento de R, mejorando la calidad del filtrado
 - El segundo efecto también es positivo sobre la calidad de filtrado y consiste en que si se disminuye el tamaño de partícula se reduce la porosidad de la torta evitando en forma más efectiva el pasaje de las partículas más pequeñas.

Al realizar este análisis no se tiene en cuenta el hecho de que con partículas de menor tamaño se hace más difícil la formación del lecho poroso, pudiendo pasar a través de la tela, las partículas de tierras diatomeas de menor tamaño, ensuciando el aceite.

- Si se aumenta el tamaño de partícula se evita la presencia de partículas pequeñas provenientes de la tierra filtrante pero al aumentar la porosidad se pierde eficiencia en el filtrado.

Conclusión:

- Es más efectivo y recomendable un cambio en la altura del lecho poroso que una variación del tamaño de partícula.

- Controlar el funcionamiento del filtro evitando que trabaje con una suspensión demasiado diluida.
- En lo posible, trabajar con tierras filtrantes de estrecha distribución de tamaño de partículas.
- Sería interesante conocer la procedencia de dichas partículas (menores a 5 μm), ya que si se trata solo de tierras diatomeas o solo de suciedad de laminación, es diferente la solución al problema:
 - En el caso de que las partículas halladas en el aceite sean solo tierras filtrantes, una solución efectiva es aumentar el diámetro de partícula.
 - En el caso de que las partículas halladas en el aceite sean solo provenientes del proceso de laminación (suciedad) una solución efectiva es disminuir el tamaño de partícula.
 - De tratarse de un caso intermedio la solución no es tan simple, y una acción efectiva en primera instancia es aumentar el espesor de la torta.