

SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACION DE LAS CAJAS PORTACOJINETES PARA EL LAMINADOR CC 44 ALUAR

González Alfredo C. y Grammático Ricardo A.

Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física, LIMF, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, 48 y 116 (1900) La Plata, ricardo.grammatico@ing.unlp.edu.ar

Palabras claves: fabricación – cajas porta cojinetes – laminador – Aluar - LIMF

INTRODUCCION

Ante la necesidad de contar con un juego de repuesto de las cuatro cajas porta cojinetes originales pertenecientes al laminador cuarto en frio CC 44 de la firma Aluar Aluminio Argentino junto con la necesidad de eliminar tiempos muertos de más de 12 hs cuando el equipo necesita un cambio de cilindros de laminación, es que la firma Aluar decidió la fabricación de las mismas, y además realizarlas en el país ya que se cuenta con la ingeniería necesaria para hacerlo y con ventajas adicionales en el precio y en el tiempo de entrega, siendo el precio de aproximadamente un quinto del valor y el plazo de entrega de 180 días menor frente a lo que ofrecía por realizarlas el fabricante original del laminador el cual es la firma Achenbach Buschhütten GMBH de Alemania, cabe destacar que esta es la primera vez que se fabrica en el país este tipo de piezas debido a la complejidad de su construcción.

La decisión de hacerlo en el país originó que la firma Aluar Aluminio Argentino necesitara de una institución que certificara que el proceso de fabricación cumpliera con las normas y los parámetros establecidos, con lo cual se contrató al Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física (LIMF), perteneciente a la Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería, el cual tendría a su cargo la aprobación de cada uno de los puntos de control y la aceptación final, en lo que al material respecta, de las cuatro cajas porta cojinetes, además de la participación en conjunto con la empresa Aluar en la elección del fabricante entre todos los que se presentaron en la licitación, de ahí la importancia de la participación del LIMF en el proceso de fabricación.

PARTE EXPERIMENTAL

En una primera instancia se realizó, en conjunto Aluar – LIMF, la documentación necesaria para cumplir con los parámetros de fabricación junto con las propiedades físicas; químicas; mecánicas; dimensionales y de terminación superficial, dando lugar a la Especificación Técnica ET-30528/B la cual cumple con las Normas ISO 9001 y establece:

a) Composición química

%C	%Mn	%Si	%S	%P
0,18-0,23	1,00-1,20	0,20-0,60	<0,03	<0,04

b) Propiedades mecánicas

Rp 0,2 (MPa)	R max. (MPa)	A% (50,80 mm)	HB	IMPACTO (J)
260 min.	520 min.	18 min.	160 máx.	22 min.

c) Tratamientos térmicos

TRATAMIENTO TERMICO	CALENTAMIENTO (°C/h)	MANTENIMIENTO	ENFRIAMIENTO
NORMALIZADO	80	915°C 8 a 10h	Aire c/lenta circulación
ALIVIO DE TENSIONES	50	550°C 5 h	50°C/h

- d) Control dimensional según los planos de las cajas porta cojinetes PL 31-11127; PL 31-11128; PL 31-11130 y PL 31-11131.
- e) Ensayos No destructivos para determinar: defectos internos mediante la técnica de Ultrasonido y defectos externos mediante la técnica de partículas magnéticas.

El proceso de fabricación comenzó con la realización del modelo para el moldeo del molde, el cual fue realizado en polímero de alta densidad, con este se hicieron los moldes en arena con resina según el método lino cure, seguido por la fusión y colada de la aleación en los moldes, el tratamiento térmico de Normalizado en las piezas luego de quitarles los sistemas de alimentación y montantes; el mecanizado grueso o desbaste; el tratamiento térmico de alivio de tensiones luego del desbaste, y finalmente el mecanizado final o rectificado para llegar a las medidas finales.

Todo el proceso se llevó a cabo en el término de 8 meses y el auditor del LIMF participo en el desarrollo de cada uno de los siguientes puntos críticos de control para su certificación y aprobación según la Especificación Técnica vigente:

- a) Moldeo; fusión y colada

Esta etapa de fabricación se realizó en la empresa IMSA ubicada en la ciudad de Tucumán, donde la fusión se llevó a cabo en dos hornos de arco de 5 y 6 tn cada uno, con una potencia de 600 y 100 KVA respectivamente, una vez que la aleación estuvo en la temperatura y la composición química establecida, se procedió al trasvase del contenido de los dos hornos en una cuchara de 11 tn, para luego de la limpieza del metal y de adición de los fundentes, proceder a la colada de la aleación en el molde, figuras 1; 2; 3 y 4.



FIGURA 1 - MOLDE DE UN CAJA REALIZADO EN LINO CURE. FIGURA 2 - COLADA DE LA ALEACION EN CADA MOLDE



FIGURA 3 - PIEZA DESMOLDADA CON LOS SISTEMAS DE ALIMENTACION Y MONTANTES. (PESO DEL CONJUNTO 8Tn). FIGURA 4 - PIEZA REBABADA

b) Mecanizado grueso (desbaste)

Esta etapa del proceso de fabricación se realizó en la empresa Tra.Ter. Coop. Ltda., ubicada en la ciudad de Godoy Cruz Provincia de Mendoza.

En esta instancia se realizaron también los ensayos para obtener las propiedades mecánicas de las piezas, y comprobar que estas se encontraran según la Especificación Técnica establecida, además de la ausencia de fisuras internas y externas mediante los ensayos de ultrasonido y de partículas magnéticas respectivamente, en las figuras 5; 6; 7; 8; 9 y 10 se pueden observar las distintas etapas del proceso de mecanizado grueso o desbaste.



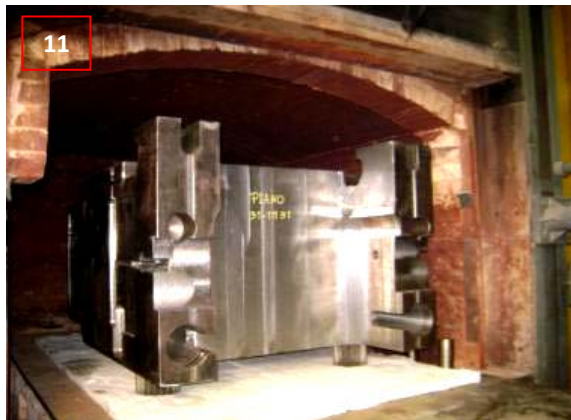
FIGURAS 6 A 9 - MECANIZADO GRUESO O DESBASTE DE LAS CAJAS PORTA COJINETES



FIGURA 10 - DETALLE DEL MECANIZADO DEL ALOJAMIENTO DEL CIRCUITO HIDRAULICO EN UNA DE LAS CAJAS PORTA COJINETES

c) Tratamientos termicos

Las figuras 11 y 12 muestran la forma en que se ubicaron las piezas en el horno para la realizacion de los tratamientos termicos de normalizado y de alivio de tensiones según las curvas temperatura - tiempo establecidas.



FIGURAS 11 Y 12 - POSICIONAMIENTO DE LA CAJA PORTA COJINETE EN EL HORNO DE TRATAMIENTO TERMICO

d) Mecanizado final (rectificado)

En esta instancia del proceso de fabricación, se tuvo mayor detenimiento en las mediciones de las cotas finales corroborándolas según los planos vigentes; mientras que las cotas críticas como ser el agujero central del alojamiento del cojinete, se lo midió con el mismo cojinete de manera de que este no entre clavado, solo con el juego entre ambas superficies establecido según plano.

En las figuras 13 y 14, se muestran las cajas porta cojinetes en sus dimensiones finales, y listas para el protocolo final de aprobación, según con lo establecido en la Especificación Técnica ET 30528/B.



FIGURAS 13 Y 14 - CAJAS PORTA COJINETES EN SUS DIMENSIONES FINALES

RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS PUNTOS DE CONTROL ESTABLECIDOS

Resultados de los análisis efectuados

a) Análisis de composición química

Los análisis antes de realizar la colada se hicieron por medio del espectrómetro óptico que cuenta la empresa IMSA en la ciudad de Tucumán, analizándose primero el contenido de cada horno de arco por separado, y una vez que cada uno estuvo en temperatura y composición química, se volcó el metal líquido de ambos en la cuchara de 11 Tn para dar comienzo a la colada en el molde, aunque el valor de composición química para certificar cada pieza, se obtuvo de realizar el ensayo por vía húmeda en una probeta que se cortó desde la misma caja porta cojinete en la empresa IMPSA ubicada en la ciudad de Godoy Cruz Provincia de Mendoza dado que su laboratorio se encuentra certificado según las normas ISO 17025, siendo los resultados los observados en la tabla I.

TABLA I. COMPOSICION QUIMICA DE LAS CAJAS PORTA COJINETES

NORMA		%C	%Mn	%Si	%S	%P
Acero GS52 S/ET – 30528/B		0,18-0,23	1,00-1,20	0,20-0,60	<0,03	<0,04
Acero GS52 S/Metal Handbook		0,18-0,50	0,50-1,50	0,35-0,80	<0,03	<0,04
Espectrometría óptica (IMSA Tucumán)						
ID OF IMSA	CERTIFICADO Nº	%C	%Mn	%Si	%S	%P
17284/1	4020/10 (PL 31-11127)	0,21	1,36	0,41	0,020	0,020
17286/2	4021/10 (PL 31-11128)	0,18	1,01	0,51	0,019	0,017
17286/6	4025/10 (PL 31-11130)	0,21	1,05	0,46	0,017	0,019
17284/4	4027/10 (PL 31-11131)	0,20	1,15	0,39	0,016	0,028
Vía húmeda (IMPSA Mendoza)						
INFORME DE ANALISIS QUIMICO N ^a		%C	%Mn	%Si	%S	%P
4056 (PL 31-11127)		0,20	1,27	0,43	0,017	0,022
4029 (PL 31-11128)		0,19	1,10	0,44	0,022	0,019
4064 (PL 31-11130)		0,21	1,17	0,40	0,025	0,019
4077 (PL 31-11131)		0,21	1,10	0,44	0,021	0,016

b) Análisis físicos – Resistencia a la fluencia y resistencia máxima a la tracción; alargamiento porcentual; dureza Brinell, y ensayo de Charpy.

Los análisis físicos se realizaron en las probetas obtenidas desde cada una de las piezas porta cojinetes estando las mismas con el tratamiento térmico de normalizado ya realizado, efectuándose los mismos, al igual que el ensayo de composición química, en la empresa IMPSA, los resultados se pueden observar en la tabla II y III.

TABLA II. RESULTADO DE LOS ENSAYOS FISICOS

S/ET - 30528/B		Rp 0,2 (MPa)	R max. (MPa)	A% (50,80 mm)	HB
		260 min.	520 min.	18 min.	160 máx.
PROBETA	INFORME N ^a				
PL 31-11127	6872	354	611	27	170
PL 31-11128	6849	305	541	18	165
PL 31-11130	6886	334	584	30	169
PL 31-11131	6875	329	565	22	162

TABLA III. ENSAYO DE CHARPY

S/ET - 30528/B		VALOR DE IMPACTO (J)
		22 min.
PROBETA	INFORME N ^a	
PL 31 - 11127	13684	23
PL 31 - 11128	13676	23
PL 31 - 11130	13713	32
PL 31 - 11131	13727	35

c) Ensayos No destructivo de ultrasonido

Estos ensayos se realizaron antes del mecanizado grueso o desbaste en la empresa Tecnical la cual está ubicada en la ciudad de Mendoza estando la misma certificada según las normas ISO 17025, lo obtenido se puede visualizar en la tabla IV.

TABLA IV. RESULTADOS DEL ENSAYO DE ULTRASONIDO

CAJA PORTA COJINETE	INFORME N ^a	RESULTADO
PL 31 - 11127	17592	ACEPTABLE CON INDICACIONES*
PL 31 - 11128	17500	ACEPTABLE CON INDICACIONES*
PL 31 - 11130	17818	ACEPTABLE CON INDICACIONES*
PL 31 - 11131	17761	ACEPTABLE CON INDICACIONES*

d) Ensayo No destructivo de partículas magnéticas

Estos ensayos se realizaron también en la empresa Tecnical, antes del mecanizado grueso o desbaste y luego de cada operación importante de desbaste, ya que en la primera oportunidad de ensayo, los mismos revelaron existencia de fisuras y poros (tabla V), los cuales desaparecieron luego por el mecanizado de desbaste en oportunidad de realizar ensayos posteriores y antes del mecanizado final o rectificado (tabla VI).

TABLA V. ENSAYO DE PARTICULAS MAGNETICAS CON INDICACIONES RELEVANTES

CAJA PORTA COJINETE	INFORME N ^a	RESULTADO
PL 31 - 11127	17593	INDICACIONES RELEVANTES DE IMPERFECCIONES**
PL 31 - 11128	17499	INDICACIONES RELEVANTES DE IMPERFECCIONES**
PL 31 - 11130	17817	INDICACIONES RELEVANTES DE IMPERFECCIONES**
PL 31 - 11131	17760	INDICACIONES RELEVANTES DE IMPERFECCIONES**

TABLA VI. ENSAYO DE PARTICULAS MAGNETICAS SIN INDICACIONES

CAJA PORTA COJINETE	INFORME N ^a	RESULTADO
PL 31 - 11127	18084	ACEPTABLE***
PL 31 - 11128	18103	ACEPTABLE***
PL 31 - 11130	18104	ACEPTABLE***
PL 31 - 11131	18105	ACEPTABLE***

- e) Entrega de las cajas porta cojinetes
 f)

Según el contrato, la empresa encargada de la fabricación debía entregar un diagrama de Gantt con los tiempos programados para cada etapa de la fabricación; según este diagrama, la tabla VII indica el retraso en la entrega de cada pieza porta cojinete desde el fabricante al cliente Aluar Aluminio Argentino.

TABLA VII. ANALISIS DEL RETRASO EN LA ENTREGA DE LAS CAJAS PORTA COJINETES

CAJA PORTA COJINETE N ^o	FECHA		RETRASO (días)
	ESTIPULADA	REAL	
PL - 3111127	28/04/10	06/09/10	131
PL - 3111128	12/05/10	06/09/10	117
PL - 3111130	12/05/10	06/09/10	117
PL - 3111131	12/05/10	06/09/10	117

Discusión de los resultados obtenidos en los análisis efectuados en cada punto de control

La composición química de tres de las cuatro cajas porta cojinetes se encuentran en concordancia con lo establecido por la Especificación Técnica ET 30528/B, mientras que la caja PL 31 – 11127 se encuentra fuera de dicha norma en el elemento manganeso, pero dentro de norma si consideramos el Manual Metal Handbook el cual fue consultado para realizar la Especificación Técnica anterior.

La dureza de la caja PL 31 – 11127 se encuentra fuera de norma en el valor de dureza, posiblemente influenciado por el mayor tenor de manganeso en su composición química, mientras que las demás cajas porta cojinetes solo exceden levemente el valor de dureza máximo establecido.

Los demás valores de las propiedades mecánicas tales como la resistencia a la fluencia; resistencia máxima a la tracción; alargamiento porcentual, y de Charpy, se encuentran dentro de lo establecido por la Especificación Técnica ET 30528/B.

Los tratamientos térmicos de normalizado y de alivio de tensiones se encontraron dentro de los parámetros de tiempos y temperaturas de tratamiento establecidos por la ET 30525/B para las cuatro cajas porta cojinetes.

Los ensayos no destructivos de ultrasonido no revelaron presencia de fisuras o poros internos de carácter relevantes; mientras que los ensayos no destructivos de partículas magnéticas encontraron presencias de fisuras y poros superficiales importantes antes de la primera etapa de mecanizado grueso o desbaste, los cuales fueron eliminados en las sucesivas etapas de mecanizado, siendo corroborado la eliminación de tales defectos mediante un nuevo ensayo para cada caja una vez que estas estuvieron en sus dimensiones finales.

La entrega de las cajas estuvo considerablemente retrasada respecto de lo programado y establecido por el fabricante al inicio del proceso de fabricación.

CONCLUSIONES

La composición química de la caja porta cojinete PL 31 - 11127 fue aprobada de acuerdo a lo establecido por el Metal Handbook como excepción, dado que en la primera caja colada hubo desconocimiento, por parte del fundidor, de la existencia de la composición química establecida por la ET 30528/B; lo que derivó en una No Conformidad de proceso hacia el fabricante dado que el mismo se encuentra certificado ISO 9001, en cambio para las coladas de las demás cajas se tuvo en cuenta lo establecido en la Especificación Técnica.

Para la aprobación del valor de dureza de las cuatro cajas porta cojinetes, se tomó en cuenta que mediante análisis por elementos finitos las mismas están sobre dimensionadas de acuerdo con las solicitudes que actúan en cada una de ellas, por lo cual se consideró de que no existía riesgo de rotura en condiciones de servicio, estableciéndose una No Conformidad de proceso hacia el fabricante.

Salvo las consideraciones anteriores, no existieron desviaciones en los demás parámetros de fabricación y de control establecidos por la Especificación Técnica ET 30528/B, por lo cual se aprobaron las cuatro cajas porta cojinetes y se recomendó para su utilización en el laminador cuarto en frío CC 44, perteneciente a la empresa Aluar Aluminio Argentino.

Se estableció una No Conformidad de servicio hacia el fabricante, debido a la demora en la entrega de las cuatro cajas porta cojinetes respecto de la fecha original que el mismo había establecido y aprobada en su momento por Aluar Aluminio Argentino – LIMF en el inicio de la etapa de fabricación.

Bibliografía

- Especificación Técnica Aluar Aluminio Argentino ET - 30528/B
- Metal Handbook Vol. 1. Propiedades y selección de hierros, aceros y aleaciones de alto rendimiento.
- Metal Handbook Vol. 4. Tratamiento térmico.