

MODIFICACION DEL SISTEMA DE OSCILACION DE LA MAQUINA DE COLADA CONTINUA APLICADO EN ACEROS PARA ALAMBRO PARA TREFILERIA ¹

Harold Ayerve V.²

Resumen

La máquina de Colada Continua de la Corporación Aceros Arequipa es una máquina de 4 líneas de producción, de radio de curvatura 5000 mm, tiene un sistema de oscilación sinusoidal basado en una excéntrica cuyo casquillo le permite una amplitud de carrera de 11,4 mm. El sistema trabaja con un variador de frecuencia, cuya frecuencia máxima nominal es de 160 cpm, pero la frecuencia de trabajo máxima alcanzada es de 150cpm. Esta frecuencia máxima es difícilmente alcanzada por las líneas centrales(2 y 3), ya que en ellas la transmisión en la jaula extractora es mediante cadenas, originándose un cabalgamiento en la palanquilla arriba de los 120cpm. En el caso de las líneas extremas (1 y 4), aunque la transmisión en la jaula extractora es cardánica, el cabalgamiento también se produce por encima de 150cpm. Este trabajo muestra un estudio acerca de los parámetros de la oscilación para mejorar la sincronización según las condiciones propias de la máquina, reduciendo la profundidad de las marcas de oscilación, mejorando la calidad de la palanquilla.

Palabras claves: Tiempo de strip negativo; Moul lead; Casquillo.

MODIFICATION OF THE OSCILLATION SYSTEM OF THE CONTINUOUS CASTING MACHINE APPLIED IN STEELS FOR WIRE ROD FOR DRAWING

Abstract

The Continuos Casting Machine of the Corporación Aceros Arequipa, is a machine of 4 lines of production, of radio of curvature 5000 mm, it has a system of oscilation sinusoidal with a casquillo of stroke 11,4 mm. The system work with a frequency variator which maximum nominal frequency of 160 cpm, but the maximum frequency of work reached is of 150cpm. This maximum frequency is difficultly reached by the central lines (2 and 3), because in them, the transmission in the straightening is by means of chains, originating a riding in the solid bar. In case of the extreme lines (1 and 4), the transmission in the straightening is cardánica, the riding is produced over 150cpm. This work shows a study about the parameters of the oscillation to improve the synchronization according to the own conditions of the machine, reducing the oscillation marks depth, improving the quality of the product.

Key words: Negative strip time; Mould lead; Casquillo.

¹ *Contribución técnica a el XXXVIII SEMINÁRIO DE ACIARIA - INTERNACIONAL, 20 a 23 de Maio de 2007, Belo Horizonte, Brasil.*

² *Ingeniero de Procesos Acería, Corporación Aceros Arequipa S.A, Panam. Sur Km 241, Pisco – Peru, Phone:0051-56-532969, Fax: 0051-56-532971,E-mail : hayerve@aasa.com.pe*

1 INTRODUCCION

La producción de palanquilla de alta calidad está ligada al movimiento de oscilación de la lingotera, por lo que se le considera el evento más importante para el control de perforaciones y defectos superficiales en la palanquilla.

La finalidad del movimiento oscilador es evitar la adhesión del acero a la lingotera durante la solidificación. Para una buena operación de la Máquina de Colada Continua, es necesario sincronizar la oscilación con la velocidad de extracción de la palanquilla, lo cual implica correlacionar varios parámetros como son: Amplitud de carrera, frecuencia de oscilación, velocidad de línea(extracción) y el tiempo de strip negativo (NST) ó heal time.

Este último parámetro mencionado (NST) es el más importante para garantizar una buena operatividad y una buena calidad de la palanquilla. Si los valores son muy bajos podría producirse el “sticking” o pegado del acero al molde, lo cual podría producir una perforación, perdiendo la línea de producción. En caso el valor del NST sea muy elevado, afectaría la calidad de la palanquilla, ya que la marca de oscilación sería muy profunda.

Otros conceptos como % de Strip Negativo o el Mould Lead (ML) también son usados en la actualidad, siendo el Mould Lead el parámetro que describe directamente el efecto del NST tanto en la operatividad y en la calidad de la palanquilla, convirtiéndose en uno de los parámetros de control mas usados.

No se puede, ni se debe aplicar el mismo NST, ni Moul Lead a todos los tipos de aceros que produce la planta, ya que difieren mucho en lo que respecta a la contracción, debido a su capacidad de extracción calorífica y a su transformación de fase, siendo unos propensos al sticking y otros no. Es por ende que este trabajo en particular tratará acerca de los aceros para alambra para trepidería, que son aceros de bajo carbono, de ligera contracción y ligera separación entre la piel sólida y el molde, pero de no tener las condiciones adecuadas de oscilación, las marcas de oscilación pueden afectar severamente la calidad de la planquilla.

2 TRABAJO EXPERIMENTAL

2.1 Descripción de los Parámetros Controladores de la Oscilación

El principal parámetro indicador de la sincronización de la oscilación de la lingotera y la velocidad de línea es el Tiempo de Strip Negativo. Se define como tiempo de strip negativo al tiempo durante el cual el molde desciende más rápido que la palanquilla, produciéndose la extracción. Pero si este heal time es muy grande la palanquilla puede sufrir marcas de oscilación, debido a que durante este tiempo el molde ejerce una tracción al menisco por fricción, y sumado a la presión ferrostática superan las fuerzas de tensión superficial haciendo un desborde del menisco a manera de olas, dejando la marca de oscilación, este fenómeno se repite en cada ciclo de la oscilación, y es de mayor intensidad al aumentar el heal time, produciendo una marca mas profunda. El problema principal que puede producir la marca de oscilación es la grieta transversal en la misma marca de oscilación.

Mecanismo de Oscilación:

La lingotera va montada sobre la mesa móvil y su oscilación tiene lugar por un accionamiento excéntrico de acuerdo con una curva geométrica que corresponde al radio de colada (5000 mm).

Debido al accionamiento excéntrico, la velocidad de la lingotera varía durante el movimiento ascendente y descendente según una función sinusoidal.

$$V = \pi na \cos 2\pi nt$$

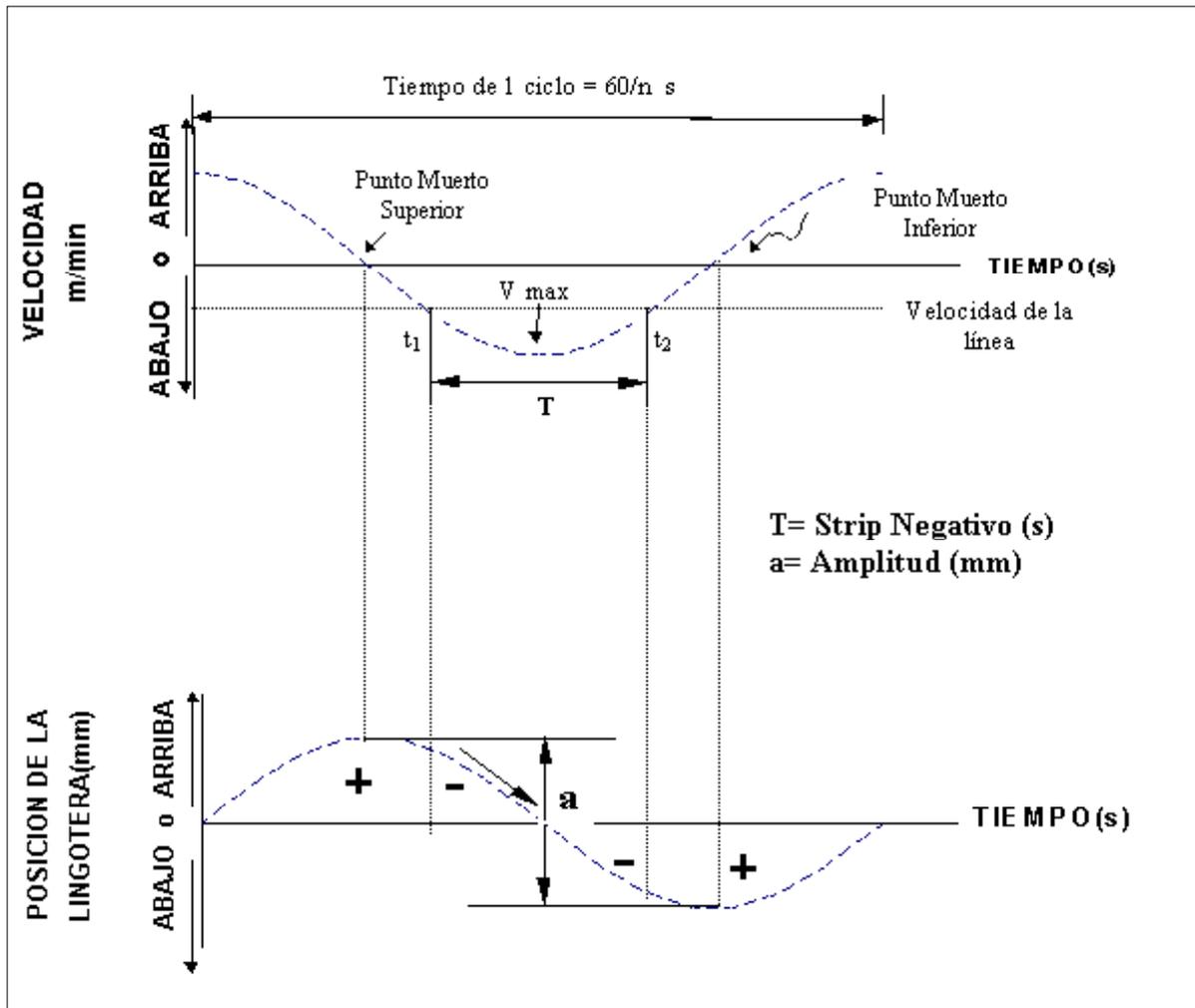


Figura 1. Gráficas de Posición y Velocidad de la Lingotera con respecto al tiempo.

El Tiempo de Strip Negativo (TSN) lo podemos definir como el tiempo durante el ciclo, en el cual la lingotera se está moviendo hacia abajo más rápido que la velocidad de la línea. Este tiempo (t_2-t_1) puede calcularse analíticamente según:

$$(t_2-t_1) = \text{TSN} = (60/\pi n) \times \cos^{-1}(v/a\pi n)$$

Donde:
 v = velocidad de línea (m/min)
 a = amplitud de oscilación (m)
 n = frecuencia (ciclos/min)
 El arcoseno se calcula en radianes.

El tiempo de strip negativo se puede expresar como fracción del tiempo total de 1 ciclo y por lo tanto su equivalencia en porcentaje es:

$$\% \text{ Strip Negativo} = T/60/n \times 100$$

Otro concepto muy importante usado en la actualidad es el mould lead, que no es mas que la diferencia de recorridos entre el molde y la barra durante el tiempo de strip negativo, y está definido por la siguiente ecuación:

$$ML = a \text{Sen}(2\pi n \text{TSN}) - V \times \text{TSN}$$

v = velocidad de línea (m/min)

a = amplitud de oscilación (m)

n = frecuencia(ciclos/min)

Los valores prácticos recomendados son trabajar con un tiempo de strip negativo(TSN) entre 0.12-0.14 segundos y un mould lead (ML) entre 3.0-5.0 mm. Actualmente tenemos un valor de tiempo de Strip negativo de 0.18 s y un Mould Lead de 4mm. Este es un tiempo de strip demasiado alto que produce una marca de oscilación muy profunda y en algunos casos puede producir grieta transversal.

2.2 Modificación de la Amplitud de Carrera de Oscilación, para Reducir las Marcas de Oscilación

Con respecto a reducir las marcas de oscilación, se debe reducir el tiempo de strip negativo al rango de 0.12 a 0.14 segundos teniendo en cuenta el mould lead dentro de las consideraciones. Para lograr este propósito se cuentan con dos alternativas: Aumentar la frecuencia de oscilación o reducir la amplitud de carrera; en cuanto a la frecuencia se cuenta con una limitación de 150 cpm, con lo cual no lograríamos el objetivo, motivo por el cual se necesitará de una nueva amplitud de carrera que dependerá del casquillo de la excéntrica.

La velocidad de colado para el tipo de acero en mención es de 2.1m/min +/- 0.1 y el rango máximo de frecuencia de trabajo sería de 120 a 150 cpm, para lo cual se muestra a continuación el procedimiento para la elección de la nueva amplitud de carrera:

Tabela 1. Cálculo del Tiempo de Strip Negativo en función de la amplitud de carrera y de la frecuencia de oscilación.

Buza:	13,5
Velocidad:	2,1

Sección:	130
Calidad:	BC
π	3,14

		Tiempo de Strip Negativo																				
n(cpm)	S(mm)	8,50	8,60	8,70	8,80	8,90	9,00	9,10	9,20	9,30	9,40	9,50	9,60	9,70	9,80	9,90	10,00	10,10	10,20	11,00	11,42	
50		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
60		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,071
70		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,028	0,048	0,062	0,073	0,082	0,091	0,098	0,142	0,158	
80		0,044	0,057	0,067	0,076	0,084	0,091	0,097	0,103	0,109	0,114	0,118	0,123	0,127	0,131	0,135	0,139	0,142	0,146	0,169	0,179	
90		0,108	0,112	0,116	0,120	0,124	0,127	0,131	0,134	0,137	0,140	0,143	0,146	0,148	0,151	0,153	0,156	0,158	0,160	0,176	0,183	
100		0,127	0,130	0,133	0,135	0,138	0,140	0,142	0,145	0,147	0,149	0,151	0,153	0,155	0,157	0,158	0,160	0,162	0,164	0,175	0,181	
105		0,132	0,134	0,136	0,139	0,141	0,143	0,145	0,147	0,149	0,150	0,152	0,154	0,155	0,157	0,159	0,160	0,162	0,163	0,173	0,178	
110		0,134	0,136	0,138	0,140	0,142	0,144	0,146	0,147	0,149	0,151	0,152	0,154	0,155	0,157	0,158	0,159	0,161	0,162	0,171	0,175	
115		0,136	0,138	0,139	0,141	0,143	0,144	0,146	0,147	0,149	0,150	0,152	0,153	0,154	0,155	0,157	0,158	0,159	0,160	0,168	0,172	
120		0,136	0,138	0,139	0,141	0,142	0,144	0,145	0,146	0,148	0,149	0,150	0,151	0,153	0,154	0,155	0,156	0,157	0,158	0,165	0,169	
125		0,136	0,137	0,139	0,140	0,142	0,143	0,144	0,145	0,146	0,148	0,149	0,150	0,151	0,152	0,153	0,154	0,155	0,156	0,162	0,166	
130		0,135	0,137	0,138	0,139	0,140	0,141	0,143	0,144	0,145	0,146	0,147	0,148	0,149	0,150	0,151	0,151	0,152	0,153	0,159	0,162	
135		0,134	0,135	0,137	0,138	0,139	0,140	0,141	0,142	0,143	0,144	0,145	0,146	0,146	0,147	0,148	0,149	0,150	0,151	0,156	0,159	
140		0,133	0,134	0,135	0,136	0,137	0,138	0,139	0,140	0,141	0,142	0,142	0,143	0,144	0,145	0,146	0,146	0,147	0,148	0,153	0,155	
145		0,131	0,132	0,133	0,134	0,135	0,136	0,137	0,138	0,139	0,139	0,140	0,141	0,142	0,142	0,143	0,144	0,144	0,145	0,150	0,152	
150		0,130	0,131	0,132	0,132	0,133	0,134	0,135	0,136	0,136	0,137	0,138	0,139	0,139	0,140	0,141	0,141	0,142	0,142	0,147	0,149	
160		0,126	0,127	0,128	0,128	0,129	0,130	0,131	0,131	0,132	0,133	0,133	0,134	0,134	0,135	0,135	0,136	0,137	0,137	0,141	0,143	
170		0,122	0,123	0,124	0,124	0,125	0,126	0,126	0,127	0,127	0,128	0,129	0,129	0,130	0,130	0,131	0,131	0,132	0,132	0,135	0,137	
180		0,119	0,119	0,120	0,120	0,121	0,122	0,122	0,123	0,123	0,124	0,124	0,125	0,125	0,125	0,126	0,126	0,127	0,127	0,130	0,132	
190		0,115	0,116	0,116	0,117	0,117	0,118	0,118	0,118	0,119	0,119	0,120	0,120	0,121	0,121	0,121	0,122	0,122	0,122	0,125	0,126	
200		0,111	0,112	0,112	0,113	0,113	0,114	0,114	0,114	0,115	0,115	0,116	0,116	0,116	0,117	0,117	0,117	0,118	0,118	0,121	0,122	
Strip Min		0,127	0,130	0,132	0,132	0,133	0,134	0,135	0,136	0,136	0,137	0,138	0,139	0,139	0,140	0,141	0,141	0,142	0,142	0,147	0,149	

N = NO EXISTE

$$T_n = (60/\pi \times n) \times (\arccos(V_L / \pi \times S \times n))$$

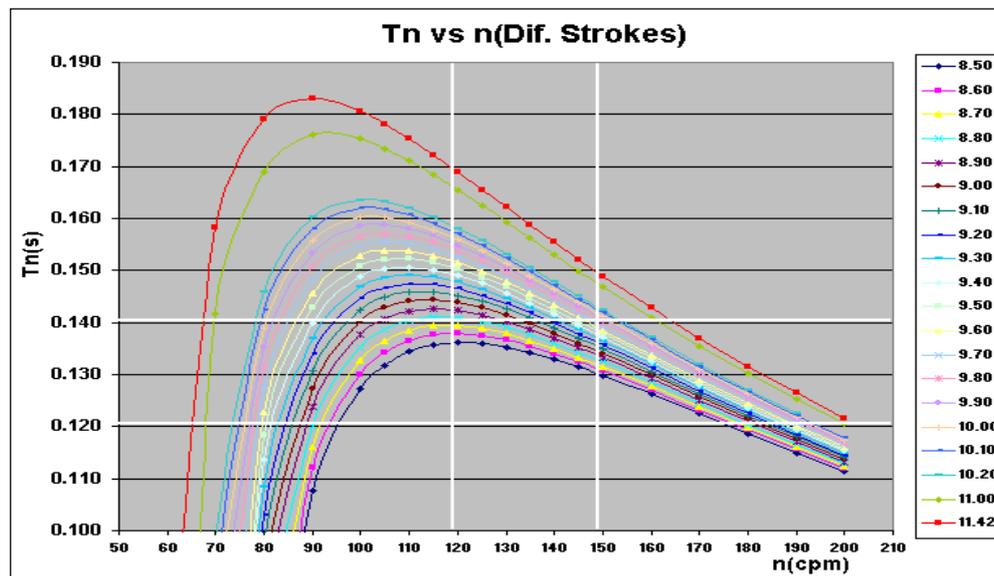


Figura 2. Variación del Tiempo de Strip Negativo vs Frecuencia para diferentes amplitudes de carrera.

De la gráfica podemos observar que las amplitudes de carrera que cumplen con un tiempo de strip negativo de 0.12-0.14 segundos para los parámetros de colada serían los menores a 9.4mm, garantizando así una marca de oscilación leve.

Tabela 2. Cálculo del Mould Lead en función de la amplitud de carrera y de la frecuencia de oscilación.

		Mould Lead																				
n(cpm)	S(mm)	8,50	8,60	8,70	8,80	8,90	9,00	9,10	9,20	9,30	9,40	9,50	9,60	9,70	9,80	9,90	10,00	10,10	10,20	11,00	11,42	
50		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
60		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,041
70		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,003	0,018	0,038	0,062	0,090	0,122	0,155	0,500	0,720	
80		0,018	0,039	0,065	0,094	0,127	0,163	0,202	0,242	0,285	0,330	0,377	0,425	0,475	0,527	0,580	0,634	0,690	0,746	1,238	1,518	
90		0,362	0,411	0,462	0,515	0,570	0,625	0,683	0,741	0,801	0,861	0,923	0,986	1,050	1,115	1,180	1,247	1,314	1,382	1,953	2,267	
100		0,800	0,862	0,926	0,990	1,056	1,122	1,190	1,258	1,327	1,397	1,468	1,539	1,611	1,684	1,757	1,831	1,906	1,981	2,602	2,939	
105		1,021	1,088	1,156	1,224	1,294	1,364	1,435	1,507	1,579	1,653	1,727	1,801	1,876	1,952	2,028	2,105	2,183	2,260	2,900	3,245	
110		1,238	1,308	1,380	1,452	1,524	1,598	1,672	1,746	1,822	1,898	1,974	2,052	2,129	2,207	2,286	2,365	2,445	2,525	3,180	3,533	
115		1,448	1,522	1,596	1,671	1,746	1,822	1,899	1,976	2,054	2,132	2,211	2,290	2,370	2,450	2,531	2,612	2,694	2,776	3,444	3,804	
120		1,651	1,727	1,804	1,881	1,958	2,037	2,115	2,195	2,275	2,355	2,436	2,517	2,599	2,681	2,763	2,846	2,929	3,013	3,693	4,058	
125		1,846	1,924	2,002	2,082	2,161	2,241	2,322	2,403	2,485	2,567	2,649	2,732	2,815	2,899	2,983	3,067	3,152	3,237	3,927	4,297	
130		2,032	2,112	2,192	2,273	2,355	2,436	2,519	2,602	2,685	2,768	2,852	2,936	3,021	3,106	3,191	3,277	3,363	3,449	4,148	4,522	
135		2,210	2,292	2,374	2,456	2,539	2,622	2,706	2,790	2,875	2,959	3,045	3,130	3,216	3,302	3,388	3,475	3,562	3,650	4,357	4,734	
140		2,380	2,463	2,547	2,630	2,715	2,799	2,884	2,969	3,055	3,141	3,227	3,314	3,401	3,488	3,575	3,663	3,751	3,839	4,554	4,933	
145		2,543	2,627	2,711	2,796	2,882	2,967	3,053	3,140	3,227	3,314	3,401	3,488	3,576	3,664	3,753	3,841	3,930	4,019	4,740	5,122	
150		2,697	2,783	2,869	2,955	3,041	3,128	3,215	3,302	3,390	3,478	3,566	3,654	3,743	3,832	3,921	4,010	4,100	4,190	4,916	5,301	
160		2,987	3,074	3,161	3,249	3,337	3,426	3,515	3,604	3,693	3,782	3,872	3,962	4,052	4,142	4,233	4,324	4,415	4,506	5,241	5,631	
170		3,250	3,339	3,428	3,518	3,607	3,697	3,787	3,877	3,968	4,059	4,150	4,241	4,332	4,423	4,515	4,607	4,699	4,791	5,534	5,927	
180		3,492	3,582	3,672	3,763	3,853	3,944	4,035	4,127	4,218	4,310	4,402	4,494	4,587	4,679	4,772	4,864	4,957	5,050	5,800	6,196	
190		3,713	3,804	3,895	3,987	4,079	4,171	4,263	4,355	4,447	4,540	4,633	4,726	4,819	4,912	5,006	5,099	5,193	5,287	6,041	6,440	
200		3,916	4,008	4,100	4,193	4,285	4,378	4,471	4,564	4,657	4,751	4,844	4,938	5,032	5,126	5,220	5,314	5,408	5,503	6,262	6,663	

N = NO EXISTE

$$ML = SxSen(\pi x n x Tn) - V_L x Tn$$

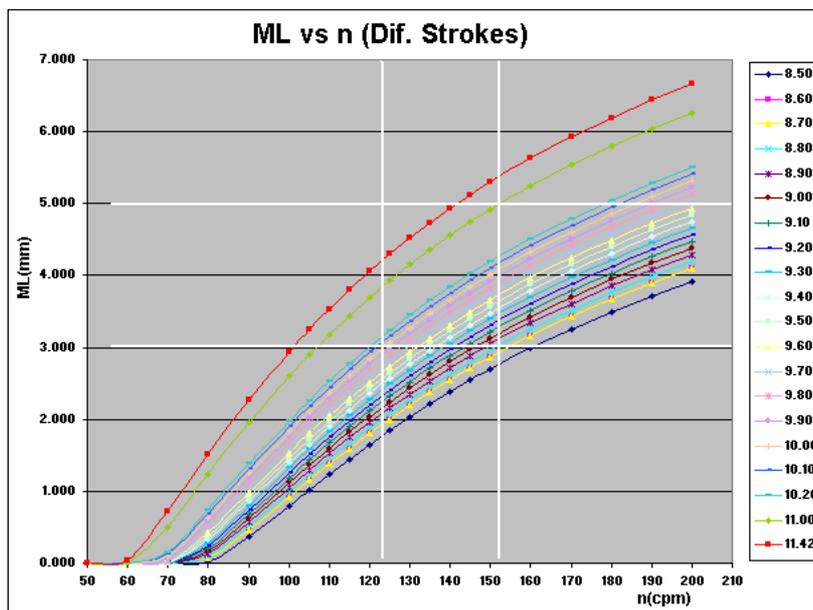


Figura 3. Variación del Mould Lead vs Frecuencia para diferentes amplitudes de carrera.

De la gráfica podemos observar que las amplitudes de carrera que cumplen con un mould lead de 3 a 5mm para los parámetros de colada usados, serían las mayores a 9.1mm, garantizando así que el acero no se pegue al molde.

Como resultado de este análisis, podemos determinar que se debe mandar a fabricar un nuevo casquillo para la excéntrica de colada continua, el cual produzca

una amplitud de carrera de 9.1 a 9.4mm, con la cual lograremos tener una marca de oscilación leve sin que el acero se pegue al molde.

3 DISCUSION DE RESULTADOS

Se colocó el nuevo casquillo en la línea 1 de la máquina de colada continua, el cual dió una amplitud de carrera real de 9,41mm, con la cual se estableció una nueva tabla de frecuencias en el programa de automatización HMI y se probó para las calidades mencionadas.

Los tiempos de Strip Negativo y el Mould Lead encontrados para este tipo de aceros, que nos dieron una buena calidad superficial de la palanquilla sin tener problemas de operatividad fueron los NST de 0,13 a 0,14 segundos y ML de 2,5 a 3,5mm. Se tomaron muestras en de esta línea comparadas a las otras líneas, observándose una reducción de la profundidad de la marca de oscilación de hasta el 50%. En esta línea 1 con casquillo nuevo se obtuvo marcas de oscilación menores a 1mm, comparado a las otras líneas, donde la marca de oscilación de la palanquilla tenía una profundidad de 2,5 a 3mm.

4 CONCLUSIONES

- Con la reducción de la amplitud de carrera a 9,4mm, se encontraron los tiempos de strip negativo de 0.13 a 0.14 segundos y mould lead 2.5 a 3.5mm, valores por debajo de lo recomendado, con buena operatividad.
- Con los parámetros óptimos de oscilación se ha reducido la profundidad en las marcas de oscilación en mas del 50%, con lo que el acondicionamiento de palanquilla por este defecto ha sido eliminado.
- El aumento de la velocidad de extracción para alcanzar mejores NST o ML no es lo mas correcto, pues aumenta la probabilidad en tener perforaciones o aparición de rechupes.
- En caso de mejorar la transmisión de las jaulas extractoras y tener el equipamiento necesario para trabajar con mas frecuencia, se tendría que buscar una nueva amplitud de carrera que se ajuste a las nuevas condiciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1 CURSO COBRE AFINO Y COLADO DE PRODUCTOS DE CALIDAD. Buenos Aires : Instituto Argentino de Siderurgia, 2000.
- 2 Arc Furnace and Continuous Casting Technology with Energy Conservation and Recycling Consideration” - TEXBOOK Japan 1999.
- 3 UYÉN M., J. Evaluacion técnica del sistema de oscilacion de la máquina de colada continua. Peru : CAASA, 1993.
- 4 CHEVRAND, L.J.S.; REIS, G.O.N.R. Lingotamento Continuo de Billets. S.I. : s.ed., 1989.