

Estudio Teórico de Mejora de la Fundición de Metales Mediante el Uso de Combustibles Alternativos

Gonzalo Almeida, Msc.¹, Freddy Jervis, Ph.D.¹, and Jorge Luis Amaya, Ph.D.¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, galmeida@espol.edu.ec, fjervis@espol.edu.ec, jlamaya@espol.edu.ec

Abstract— El control de los combustibles en los procesos de fundición de metales y la reducción de las emisiones a causa de la combustión de estos son algunos de los problemas más importantes para la industria ecuatoriana. El sector industrial de fundiciones utiliza hornos que, dependiendo de: la calidad que se exija a la masa fundida, la productividad y la eficiencia energética, se pueden usar distintos tipos de calentamiento. En Ecuador, una cantidad de pequeñas industrias de este sector utilizan hornos que elevan la temperatura gracias a un proceso de combustión de residuos de hidrocarburos. Dichos compuestos y residuos provienen de la utilización de mezclas de aceites usados en otros procesos industriales y de transporte; lo que causa preocupación por parte de las diferentes instituciones encargadas de regular las actividades industriales. Ecuador cuenta con importantes empresas pequeñas dedicadas a la actividad de fundición. En la práctica industrial, se ha observado que la capacidad media de temperatura en los hornos de fundición utilizando mezclas de aceites usados como combustible no superan los 1400 °C. Esta temperatura relativamente baja en los hornos de pequeñas empresas, limita el rango de materiales a fundir. En este trabajo se delinea una metodología para poder mejorar el proceso de combustión y a la vez poder controlar la cantidad de emisiones en estos procesos. Dado que estas empresas poseen una capacidad financiera considerable para realizar una inversión en tecnología, esto les permitiría aumentar el rendimiento de sus procesos de fundición; además, coadyuva una reducción del consumo de residuos de hidrocarburos que son los causantes en gran parte de la alta descarga de gases contaminantes a la atmósfera. Un análisis de ciclo de vida propuesto aquí también permitiría evaluar de una manera global el costo de sus actividades presentes versus el costo de sus actividades a futuro mediante escenarios.

Keywords — Life Cycle Assessment, furnace, hydrogen, GLP, Combustion

I. INTRODUCCIÓN

En la práctica industrial desarrollada en Ecuador a nivel artesanal, se ha observado que la capacidad media de temperatura en los hornos de fundición utilizando mezclas de aceites usados como combustible no superan los 1400 °C. Esta temperatura relativamente baja en los hornos de pequeñas

empresas, limita el rango de materiales a fundir. Por ejemplo, la temperatura en los procesos de fundición de los aceros inoxidables supera los 1500 °C [1] [2]. Los fundidores artesanales se abstienen a ofrecer el servicio debido a que con la mezcla de combustible que se emplea en los hornos no se alcanza la temperatura de operación requerida lo cual reduce significativamente sus ingresos.

Existe la opción de emplear otros combustibles, como el Gas Licuado de Petróleo (GLP) o Gas Natural (GN), que tienen un alto valor calorífico y generan menos gases de contaminantes y de esta forma alcanzar mayores temperaturas en los hornos de fundición además de cumplir con la normativa ambiental vigente. Pero, si se analizan los precios, se puede encontrar que un tanque de 55 galones de mezcla de aceites usados tiene un costo de alrededor de US \$15, en comparación con el GLP industrial que cuesta 0,639512 US\$/kg [3] lo que refleja que los costos son mayores y la rentabilidad del servicio decae considerablemente.

En este contexto y desde el punto de vista de los costes, los niveles locales de precios son determinantes para el tipo de energía elegido.

Considerando esto, se propone desarrollar una metodología que permita establecer parámetros de selección de mezclas de combustibles para: cumplir metas ambientales en términos de emisiones de gases contaminantes, alcanzar una temperatura de operación mayor a 1500 °C e incrementar la eficiencia del proceso mediante una reducción de costos de producción y reducción de huella ambiental. Este análisis permitiría establecer la rentabilidad o no del servicio de fundición.

II. METODOLOGÍA

A. Mezclas de Combustibles

Dada la baja temperatura alcanzada con el uso de los aceites usados, se propone una mezcla de diferente combustible además de un aumento en el oxidante. Se conoce, por teoría, que un aumento en la concentración de oxidante nos pueda dar un aumento en temperatura como nos indica McAllister en su libro “Fundamentals of Combustion Processes”. [4] Para el desarrollo de la metodología se utiliza como objeto de análisis cuatro mezclas de combustibles, que son:

- (1) $H_2 + O_2 + \text{Aceite Usado} + \text{Aire}$
- (2) $GLP + O_2 + \text{Aceite Usado} + \text{Aire}$

- (3) GLP + Aire + Aceite Usado
- (4) GLP + H₂ + Aceite Usado + Aire + O₂

B. Análisis Estequiométrico y Termodinámico

Mediante un análisis estequiométrico y termodinámico se establecerá las cantidades necesarias de cada sustancia para conseguir temperaturas mayores a 1500 °C y emisiones menores a los valores máximos permisibles. Los combustibles H₂ y GLP se han seleccionado debido a tres de sus características: alto valor calorífico (H₂ ~ 33900 kcal/kg, GLP ~ 10830 kcal/kg) [5], disponibilidad y fácil obtención, y baja generación de gases contaminantes durante la combustión.

Para el análisis se supone las mismas condiciones de operación: estado estable, presión constante, pérdidas menores a través de las paredes del horno y parámetros de radiación similares. Los resultados que se consigan establecerán una base sobre las mínimas condiciones necesarias para lograr 1500 °C.

Una vez que se establezca esta base, se puede empezar a caracterizar las pérdidas presentes en los hornos artesanales. Datos sobre el funcionamiento normal de estos hornos pueden dar una indicación general sobre estas pérdidas mediante un balance de energía. En base a estos datos con variaciones de tiempo y temperatura en el horno se puede hacer un modelo que compare la cantidad necesaria de cada sustancia con respecto a temperatura para alcanzar la deseada.

Finalmente, se realizará un diseño experimental de prueba en un horno de fundición artesanal para corroborar los datos obtenidos en el modelo matemático. Los parámetros de prueba son los de operación estándar y los equipos usados son los que comúnmente existen en el mercado local.

C. Análisis de Ciclo de Vida en Proceso de Fundición con Combustibles Alternativos

Como se menciona en la introducción del presente artículo; las diferentes exigencias legales exigen un buen desempeño ambiental en las operaciones y procesamiento de los recursos; y, de una gestión eficaz de los residuos. De ahí, que las operaciones utilizadas; así como, la generación de residuos y emisiones, en un proceso de fundición de metales va a ser función directa de la selección del metal a fundir, la tecnología empleada en el proceso de fundición y los diferentes insumos utilizados en el proceso (i.e. tipo de combustible, tipo de aditivos utilizados, etc.). Un proceso de fundición puede ser analizado como cualquier proceso de producción mediante la identificación e inventario de todos los materiales o sustancias que fluyen dentro o fuera del sistema de producción; al mismo tiempo, su capacidad para integrar recursos alternativos (materiales o sustancias: i.e. combustibles alternativos). La metodología de "Análisis de Ciclo de Vida (ACV)" [6], es una herramienta dirigida a modelar el ciclo de vida completo "de la cuna a la tumba" de bienes y servicios, así como sus múltiples impactos al medio ambiente.

Entonces, este estudio propone en una tercera etapa una evaluación comparativa que considere las mismas mezclas de

combustibles para determinar un mejor rendimiento desde un punto de vista medioambiental. Es necesario indicar que un ACV de las mezclas para optimizar el rendimiento de hornos de fundición no ha sido presentado en la bibliografía hasta el momento. Este estudio incluye la definición de escenarios adecuados para la utilización de dichas mezclas. Es decir, se examinan los diseños de los hornos de fundición, el sistema de inyección de combustible, y un análisis de los materiales adecuados para resistir las temperaturas definidas en la sección anterior.

III. CONCLUSIONES

El presente trabajo delinea el problema existente que tienen algunas pequeñas industrias con la utilización de aceites usados como combustible. Dada las dificultades que se encuentran en lograr las altas temperaturas se discute la idea de utilizar oxígeno y otros combustibles adicionales para lograr una temperatura más alta. Existe una necesidad, sin embargo, de caracterizar las condiciones de los hornos en cuestión para poder hacer un análisis más profundo sobre las cantidades que se necesitarían para su respectiva operación. Estos cambios pueden llevar a mejoras en los procesos y la eficiencia de los mismos.

IV. TRABAJOS FUTUROS

La metodología propuesta en este documento no incluye la obtención de los combustibles alternativos como es el hidrógeno. La generación de este tipo de combustibles también puede ser objeto de estudio, ya que se podría conseguir una mejor perspectiva del proceso total, desde la obtención de los combustibles hasta su uso final en la fundición de metales

REFERENCIAS

- [1] L. Nassau, "Ferrite in stainless steel weld metal", *Stainless Steel Europe*, vol. 5, n° 3, pp. 22-27, 1993.
- [2] L. García, G. Lores, R. Pacioni y J. Madías, "Decarburación bajo vacío durante el proceso de fabricación de aceros inoxidables austeníticos" *XXXII Seminário de Fundição, Refino e Solidificação dos Metais*, 2001.
- [3] EP PETROECUADOR, "Reglamento para Autorización Actividades Comercialización Gas Licuado de Petróleo", Quito, 2015.
- [4] McAllister, S., Chen, J. Y., Fernandez-Pello, C., *Fundamentals of Combustion Processes*, Springer Science+Business Media, 2011.
- [5] R. Gupta, *Hydrogen Fuel: Production, Transport, and Storage*, Boca Raton: CRC Press: Taylor & Francis Group, 2009.
- [6] O. Yilmaz, A. Anctil, T. Karanfil, "LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting", *Journal of Cleaner Production*, vol. 105, pp. 337-347, 2015.