

1.- Título: “Efecto de la posición de inyección en el mezclado químico en ollas agitadas con gas asistido por CFD”

1a.- Tutor responsable: Marco Aurelio Ramírez Argáez

2.- Introducción:

El grado de agitación de un reactor metalúrgico tipo batch se mide de manera práctica a través del concepto multicitado del tiempo de mezclado. El tiempo de mezclado se define como el tiempo que transcurre entre la inyección de un soluto al reactor hasta que éste alcanza un cierto nivel de uniformidad en todo el sistema. Típicamente el nivel de uniformidad se maneja en la literatura es de 90, 95 o hasta 99 % [1]. El tiempo de mezclado, ha sido desde la década de los 70's del siglo pasado un parámetro que define la agitación de una olla de acero agitada con gas y este parámetro ha sido determinado casi de manera única en modelos físicos usando agua o un metal de bajo punto de fusión y las mediciones se han hecho de manera tradicional con mediciones de pH y conductividad eléctrica. Recientemente, este grupo ha implementado por vez primera la técnica no intrusiva y superior a las tradicionales, denominada PLIF (Planar Laser-Induced Fluorescence) [2]. Algunas controversias a través del tiempo se han levantado en la comunidad científica que estudia el mezclado químico en ollas agitadas con gas [1]. Entre las controversias más importantes se pueden señalar las siguientes:

- 1) Las mediciones se hacen con electrodos que se introducen físicamente en el sistema y alteran los patrones de flujo y además solo dan una medición en un solo punto.
- 2) La colocación del sensor juega un papel determinante en la medición del mezclado. Si el electrodo se coloca en una zona muerta sin agitación, el mezclado solo se logra por difusión y no por convección mientras que si se inyecta en una zona de recirculación el tiempo de mezclado se acorta significativamente [3].
- 3) El criterio de uniformidad usado determina en buena medida el tiempo de mezclado, es decir, cambiar el criterio de uniformidad de 95 a 99 % el tiempo de mezclado se puede elevar hasta en un 50% [3].
- 4) El punto de inyección de soluto es otra controversia y quizás la que menos se ha analizado y estudiado en la literatura. La práctica común consiste en inyectar el soluto en el ojo de escoria arriba de la pluma, pero ya Oeters y su grupo [3 - 4] demostró que si se cambia el punto de inyección del trazador el tiempo de mezclado será diferente.

En relación al último punto de controversia, y más allá de la referencias [3 - 4], no ha habido estudios sistemáticos modernos que describan el efecto del punto de inyección de soluto sobre el tiempo de mezclado. Un trabajo experimental sobre este efecto implicaría enormes esfuerzos para sistematizar la inyección de soluto en una grid predeterminada de puntos, lo cual implicaría un trabajo experimental muy intenso.

Por eso, en este proyecto se pretende estudiar el efecto del punto de inyección de soluto sobre el tiempo de mezclado pero usando modelado matemático, previamente validado con respecto mezclado químico. Es mucho más barato, rápido y práctico realizar simulaciones del mezclado químico en ollas agitadas con gas con muchas posiciones distintas de inyección de soluto, que hacer este mismo estudio experimentalmente.

3.- Hipótesis:

El tiempo de mezclado no solo depende del flujo de gas, posición de la tobera, sino también de la posición de inyección del soluto. Además, se sugiere que la posición de inyección puede influir muy significativamente (al igual que el flujo de gas) el tiempo de mezclado.

4.- Objetivo(s):

- Objetivo General: Determinar cuantitativamente el efecto que tiene la posición de inyección del soluto sobre el tiempo de mezclado.
- Objetivo Particular 1: Encontrar el efecto de variar la posición de inyección de soluto en una grid definida de puntos sobre el tiempo de mezclado en inyección por el centro.
- Objetivo particular 2: Encontrar el efecto de variar la posición de inyección de soluto en una grid definida de puntos sobre el tiempo de mezclado en inyección por excéntrica con un solo tapón.

5.- Metas:

- Determinar cuantitativamente el efecto de la posición de inyección sobre el tiempo de mezclado.
- Escritura de un reporte que represente un avance de al menos el 70% de una tesis de licenciatura.

6.- Metodología:

El estudiante realizará las siguientes actividades para cumplir con los objetivos y metas del proyecto:

- Revisión de la literatura del modelado matemático y físico para simular ollas agitadas con gas y de las distintas aproximaciones numéricas para simular una olla agitada con gas.
- Capacitación en el uso del software CFD Fluent ANSYS.
- Desarrollo de un modelo matemático del transporte de masa para predecir el mezclado químico en ollas con inyección de gas.
- Comparación entre los resultados calculados y resultados experimentales previamente obtenidos por el grupo de trabajo para los tiempos de mezclado.
- Escritura del reporte final.

7.- Infraestructura:

El grupo de trabajo cuenta con varios equipos de cómputo fijos (8) a los cuales se puede tener acceso de manera remota, además de algunas computadoras portátiles (3). Además, se cuenta con licencias académicas y comerciales del software Fluent ANSYS y herramientas de procesamiento de texto. Es deseable que el alumno cuente con un equipo de cómputo donde pueda alojar la versión estudiantil del software Fluent ANSYS para trabajar desde casa.

8.- Cronograma de actividades:

En el siguiente cronograma se presentan de forma resumida las actividades a realizar y los tiempos estimados para las mismas.

No.	Actividad	Semana															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Revisión de modelos CFD previos	X	X	X													
2	Capacitación en el uso del software CFD Fluent ANSYS	X	X	X	X	X	X										
3	Desarrollo del modelo matemático				X	X	X	X	X								
4	Comparación con resultados experimentales previos y análisis de los resultados									X	X	X	X	X	X		
6	Escritura del reporte													X	X	X	X

9.- Cometarios adicionales:

N/A

10.- Referencias:

- [1] Mazumdar, Dipak, and Roderick IL Guthrie. "The physical and mathematical modelling of gas stirred ladle systems." *ISIJ international* 35.1 (1995): 1-20.
- [2] Jardón-Pérez, Luis E., et al. "Introducing the Planar Laser-Induced Fluorescence technique (PLIF) to measure mixing time in gas-stirred ladles." *Metallurgical and Materials Transactions B*, 50.5 (2019): 2121-2133.
- [3] Becker, Jens-Ulrik, and Franz Oeters. "Model experiments of mixing in steel ladles with continuous addition of the substance to be mixed." *Steel research* 69.1 (1998): 8-16.
- [4] Mietz, Jürgen, and Franz Oeters. "Mixing theories for gas-stirred melts." *Steel Research* 58.10 (1987): 446-453.