

Cuantificación de refuerzos en materiales compuestos fabricados vía *in-situ*.

Profesor Responsable

M en I. Ma. Gabriela González Flores.

Planteamiento del Problema

La fabricación de materiales compuestos de matriz metálica vía *in-situ* es un proceso en el cual la fase dispersa (material de refuerzo) se forma dentro de la matriz como resultado de su precipitación durante la solidificación y/o enfriamiento [1]. La ruta de fabricación convencional requiere que dos o más materiales precursores reaccionen de manera exotérmica en el metal líquido y de esta forma, obtener refuerzos refractarios dentro de la matriz, siendo ejemplos típicos Al_2O_3 , ZrB_2 , Mg_2Si , AlN , TiC y/o TiB_2 dentro de aleaciones base aluminio [2].

Las reacciones químicas llevadas a cabo durante la fabricación *in-situ*, eliminan problemas típicos siempre presentes en métodos convencionales. Una de las principales ventajas que proporciona este método, es la distribución y dispersión mayormente homogénea de las partículas reforzantes lo cual permite obtener un material compuesto con propiedades mecánicas y tribológicas más elevadas y homogéneas [1-3].

El tamaño de los refuerzos obtenidos (partículas, principalmente) por este método, varían en promedio entre 0.25-1.5 μm . La aglomeración de refuerzos depende fuertemente del tamaño de los mismos; a menor tamaño del refuerzo mayor aglomeración, debido a la alta relación superficie-volumen. Para conseguir un mejor desempeño del material compuesto, es fundamental, por tanto, que la mezcla entre los materiales precursores y la matriz, sea uniforme.

Para estimar el nivel de mezclado del refuerzo en la matriz en función del porcentaje de refuerzo y el tiempo de reacción, se consideran dos aspectos: la dispersión y la distribución del refuerzo. La dispersión del refuerzo implica la reducción de aglomerados a agregados y/o partículas; mientras que la distribución del refuerzo se refiere al arreglo u ordenación uniforme en la matriz sin afectar el tamaño de las partículas [4]. El presente estudio busca mediante la cuantificación de la dispersión y distribución de partículas reforzantes, predecir el comportamiento de materiales compuestos fabricados vía *in-situ* y emplear esta herramienta para valorar la eficiencia del procedimiento a fin de mejorarlo y/o corregirlo.

- [1] Ramanathan, P. K. Krishnan, and R. Muraliraja, "A review on the production of metal matrix composites through stir casting – Furnace design, properties, challenges, and research opportunities," *J. Manuf. Process.*, vol. 42, no. December 2018, pp. 213–245, 2019.
- [2] N. Chawla and K. K. Chawla, *Metal matrix composites*. United States of America: Springer, 2006.
- [3] S. L. Pramod, S. R. Bakshi, and B. S. Murty, "Aluminum-Based Cast In Situ Composites: A Review," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 24, no. 6, pp. 2185–2207, 2015.
- [4] L. Hui, R. C. Smith, X. Wang, *Quantification of Particulate Mixing in Nanocomposites*. Annual Report Conference on Electrical Insulation Dielectric Phenomena. 2008

Justificación

La cuantificación del porcentaje de refuerzo en materiales compuestos se apoya principalmente en el análisis de imágenes provenientes de microscopía óptica y/o electrónica. La cuantificación se basa en el recuento de partículas en una determinada región o en la determinación de la distancia entre estas a fin de obtener la dispersión o la distribución del refuerzo en la matriz, respectivamente. Entre los métodos más empleados se incluye la asimetría basada en cuadrantes, la distancia del vecino más cercano, así como métodos combinados en los que tanto la dispersión como la distribución del refuerzo son evaluados de forma combinada.

Teniendo en cuenta que la formación de aglomerados es algo habitual en materiales compuestos, es difícil y tedioso determinar el número de partículas y la distancia entre estas, especialmente cuando se desea emplear un software de procesamiento de imágenes para automatizar el trabajo.

La implementación de programas que se alimenten de datos estadísticos obtenidos del procesamiento de imágenes, facilitará la cuantificación de los refuerzos en los materiales compuestos fabricados *in-situ* además de que, permitirá relacionar parámetros de proceso (tiempo de permanencia y nivel de reforzamiento) con las propiedades mecánicas y tribológicas de dichos materiales.

Objetivos

Determinación del grado de homogeneidad del refuerzo en un material compuesto mediante la implementación de modelos estadísticos de cuantificación de los parámetros de dispersión y/o distribución de partículas de refuerzo para lograr un método automatizado y más eficiente en la caracterización de los materiales compuestos *in-situ*.

Relacionar la homogeneidad del refuerzo en la matriz con las propiedades mecánicas y/o tribológicas de los materiales bajo estudio.

Metodología

La metodología de este trabajo, parte de una revisión bibliográfica de los modelos empleados para determinar la dispersión y distribución del refuerzo en materiales compuestos. Posteriormente, se determinará mediante análisis de imágenes, el número de refuerzos y la distancia entre ellos. Estos valores se obtendrán a partir del procesamiento de micrografías de materiales compuestos reforzados al 2.5% y 5% wt. La cuantificación del refuerzo se llevará a cabo con la generación de un programa el cual se alimentará con los datos estadísticos obtenidos a partir del procesamiento de imágenes. Con los resultados, se desarrollarán posibles relaciones entre el grado de homogeneidad del refuerzo en la matriz y las propiedades mecánicas y/o tribológicas de los materiales compuestos.

Cronograma de Actividades

Tabla 1. Cronograma de actividades del proyecto																
Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Revisión bibliográfica de modelos para la determinación de la dispersión y distribución del refuerzo en materiales compuestos.																
Determinación del número de refuerzos en materiales compuestos reforzados al 2.5% y 5% wt. mediante software de procesamiento de imágenes.																
Determinación de la distancia entre refuerzos en materiales compuestos reforzados al 2.5% y 5% wt. mediante software de procesamiento de imágenes.																
Cuantificación del parámetro de dispersión en materiales compuestos con niveles de reforzamiento del 2.5% wt. y 5% wt. mediante su automatización.																
Cuantificación del parámetro de distribución en materiales compuestos con niveles de reforzamiento del 2.5% wt. y 5% wt. mediante su automatización.																
Cuantificación de ambos parámetros a través del método combinado.																
Análisis de resultados y relación de la homogeneidad del refuerzo con las propiedades mecánicas y/o tribológicas de los materiales compuestos con niveles de reforzamiento del 2.5% wt. y 5% wt.																
Estructuración de reporte de trabajo y entrega al comité																

Comentarios Adicionales

El(la) alumno(a) debe contar con computadora personal, acceso a internet desde casa o trabajo. Se realizarán sesiones de videoconferencia dos veces por semana.