

- 1) Título del Proyecto: Revisión crítica del efecto de los elementos aleantes en superaleaciones base cobalto para aplicaciones aeroespaciales.

1.1) Nombre del responsable del Proyecto: Dra. Ana Laura Ramírez Ledesma.

- 2) Planteamiento del problema:

Se busca diseñar una nueva clase de superaleaciones con una temperatura de trabajo potencialmente mayor que la de las superaleaciones de base Ni. Las de base Co son una alternativa potencial, ya que tiene un punto de fusión 40 °C más alto que el Ni, los elementos de aleación típicos tienen una difusividad más baja y su energía de falla de apilamiento mucho más baja, lo que resulta beneficioso para la fluencia. Además, han mostrado propiedades prometedoras en términos de resistencia a la oxidación a alta temperatura, resistencia a la fatiga térmica y soldabilidad.

Sin embargo, la adición de W es crucial para estabilizar los precipitados ordenados de $L1_2\text{-}\gamma'$ lo cual proporciona a estas aleaciones el mecanismo de refuerzo necesario para lograr las propiedades listadas. La adición de este elemento representa un retroceso en esta superaleación ya que incrementa su densidad, lo cual, no la hace atractiva para la fabricación de componentes aeroespaciales, en donde la relación tensión/peso es crucial, por lo que se busca el desarrollo de superaleaciones base-cobalto para su aplicación a alta temperatura prescindiendo de la adición del elemento tungsteno.

- 3) Justificación:

La industria aeroespacial requiere desde sus inicios, materiales aptos para las demandantes condiciones a las que operan los vehículos que esta desarrolla. Es así como nacen las “superaleaciones”, un importante grupo de materiales de alta temperatura, usadas para la fabricación de ciertos componentes de motores aeroespaciales, donde la temperatura de trabajo es eminente.

Según el tipo de elemento base, las superaleaciones pueden clasificarse en tres grupos, que son de base níquel, cobalto o hierro. Las superaleaciones base níquel, deben su excelente resistencia al trabajo a alta temperatura y propiedades de resistencia a la fluencia, a su microestructura, la cual es el resultado de una alta fracción en volumen de la fase ordenada coherente cuboidal $L1_2\text{-}\gamma'$ (Ni₃[Al, Ti]) en la matriz desordenada de γ [1], sin embargo, a partir del descubrimiento de una región de dos fases $\gamma\text{-}\gamma'$, en las aleaciones ternarias Co-Al-W [2], se ha llevado a cabo una importante cantidad investigación enfocada a ese sistema.

Uno de los objetivos de estas investigaciones es el de fabricar nuevos materiales con capacidades a altas temperaturas capaces de optimizar el consumo de combustible y reducir las emisiones de carbón mediante el incremento de la temperatura de combustión y mejorar la eficiencia ingenieril [3]. En este sentido, las superaleaciones base cobalto tienen altas propiedades de resistencia a la corrosión en caliente, en medios agresivos, ya que forman capas continuas y densas de óxidos de cobalto, cromo, silicio y aluminio, debido a que son termodinámicamente estables, tienen un crecimiento lento y son más adherentes en la superficie, que los óxidos formados en las

superalaciones base níquel, así las aleaciones base cobalto presentan una mejor propiedad de fluencia a temperaturas por arriba de los 1000 °C, combinando una resistencia a la oxidación a alta temperatura-desgaste, soldabilidad y resistencia a la fatiga térmica [4].

Por otro lado, el alto punto de fusión del cobalto comparado con el del níquel abre la posibilidad de incrementar las temperaturas de trabajo y a su vez, mejorar las aplicaciones para las que están diseñadas, como lo es mejorar la eficiencia de turbinas, en donde la resistencia a la oxidación debe de ser combinada con la capacidad de carga a alta temperatura [5]. El uso, de superaleaciones convencionales de cobalto, ha estado limitado a ciertos elementos de aleación debido a su falta de fase endurecedora a alta temperatura. Por lo que la fase ordenada $L1_2\text{-}\gamma'\text{-Co}_3(\text{Al}, \text{W})$ como precipitado en el sistema ternario Co-Al-W han provisto a estas superaleaciones con un nuevo mecanismo de endurecimiento similar al de las superaleaciones base níquel.

De este modo, la permanencia de la superaleación base cobalto a una temperatura de 900 °C por tiempos largos, ha demostrado que la fase $L1_2\text{-}\gamma'\text{-Co}_3(\text{Al}, \text{W})$ es metaestable y se transforma a la fase ordenada DO19 y B2 [6], la cual puede ser estabilizada con adiciones de níquel [7]. Por lo que en la investigación se ha considerado el explorar el sistema Co-20 – 30Ni – 10Al – 5Mo – 4Cr – 2Si – 2Ti – 2Ta con el propósito de estabilizar la fase ordenada coherente $L1_2\text{-}\gamma'$.

4) Objetivos:

General: Llevar a cabo una revisión bibliográfica que permita determinar el efecto de los elementos aleantes sobre una superaleación libre de tungsteno del tipo Co-20 – 30Ni – 10Al – 5Mo – 4Cr – 2Si – 2Ti – 2Ta para aplicaciones aeroespaciales.

5) Metodología:

El alumno realizará una revisión bibliográfica exhaustiva para determinar y proponer los mejores parámetros utilizados en el proceso de fusión, solidificación y adición de elementos (Ni, Al, Mo, Cr, Si, Ti y Ta) para fabricar superaleaciones base cobalto; 2) el alumno comparará de manera crítica distintas características microestructurales, propiedades mecánicas a alta temperatura y mecanismos de oxidación a alta temperatura de distintas superaleaciones base cobalto; 3) el alumno redactará un reporte que contenga una síntesis de las actividades realizadas durante la asignatura Proyecto con clave 1909.

6) Calendarización o Cronograma:

Semanas/Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2			X			X			X			X			X	
3									X	X	X	X	X	X	X	
4																X

1.- Revisión bibliográfica exhaustiva.

2.- Entrevista con el tutor para revisar avances.

3.- Preparación de la presentación en formato Power Point.

4.- Entrega de reporte correspondiente a la asignatura “Proyecto”, con clave 1909.

7) Referencias

- [1]. S. A. J. Forsik, N. Zhou, T. Wang, A. O. Polar Rosas, A. D. Dicus, G. A. Colombo, A. Ricci, M. E. Epler, Recent Developments in the Design of Next Generation γ' -Strengthened Cobalt–Nickel Superalloys. In: T in S. et al. (eds) Superalloys 2020. The Minerals, Metals & Materials Series.
- [2]. J. Sato, T. Omori, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma, K. Ishida, Cobalt-base high-temperature alloys. Science 312 (2006) pp. 90–91.
- [3]. C. A. Stewart, A. Suzuki, R. K. Rhein, T. M. Pollock, C. G. Levi. Oxidation Behaviour Across Composition Space Relevant to Co-Based γ/γ'' Alloys with High L12 Solvus and Low Density. Materials and Design 189 (2020) 108445.
- [4]. J. R. Davies. Others, Nickel, Cobalt, and Their Alloys. ASM International. Materials Park. OH. 2000.
- [5]. C. A Stewart, S. P. Murray, A. Suzuki, T. M. Pollock, C. G. Levi. Accelerated Discovery of Oxidation Resistance CoNi γ/γ' Alloys with High L12 Solvus and Low Density. Materials and Design 189 (2020) 108445.
- [6]. EA, Lass, M. E. Williams, C. E. Campbell, K. W. Moon, U. R. Kattner (2014), γ' Phase Stability and Phase Equilibrium in Ternary Co-Al-W at 900 °C. J. Phase Equilibria Diffus. 35 (2014) pp. 711–723.
- [7]. K. Shinagawa, T. Omori, J. Sato, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma, K. Ishida, (2008) Phase Equilibria and Microstructure on γ' Phase in Co-Ni-Al-W System. Mater. Trans. 49(6) (2008) pp. 1474-1479.