

## 1. Constantes elásticas para aleaciones Ni-Si a diferentes temperaturas y composiciones

Las superaleaciones de Níquel están constituidas por una matriz de níquel que tiene una estructura cúbica centrada en las caras (fcc) y fases en solución sólida  $\gamma$ , dentro de la cual las partículas coherentes, de la fase  $\gamma'$  están dispersas. La fase  $\gamma'$  provee de resistencia a la tracción y endurecimiento.

Esta tiene un ordenamiento  $L1_2$  tal como el  $\text{Cu}_3\text{Au}$ . En las superaleaciones, la química de la fase  $\gamma'$  puede ser compleja, pero algunas aleaciones Ni-base sirven como modelos de superaleaciones de los cuales se puede obtener información útil. Las aleaciones Ni-Al son por lejos las más estudiadas, pero los otros solutos, Ga, Ge, Si y Ti tienen diagramas de fases similares al Ni-Al en el precipitado de  $\text{Ni}_3\text{X}$  ( $\text{X}=\text{Ga}, \text{Ge}, \text{Si}, \text{Ti}$ ) con la estructura cristalina  $L1_2$ . Por lo tanto se desea tener información sobre las constantes elásticas, y su variación con la temperatura, usando el método de Resonancia paralelepípeda.

Las siguientes relaciones relacionan la tensión y la deformación en función de los módulos de elasticidad  $C_{ij}$ , para estructuras cristalinas cúbicas:

$$\begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11}\epsilon_x + C_{12}\epsilon_y + C_{12}\epsilon_z \\ C_{12}\epsilon_x + C_{11}\epsilon_y + C_{12}\epsilon_z \\ C_{12}\epsilon_x + C_{12}\epsilon_y + C_{11}\epsilon_z \\ C_{44}\gamma_{xy} \\ C_{44}\gamma_{yz} \\ C_{44}\gamma_{zx} \end{pmatrix}$$

### Método de resonancia paralelepípeda (RPR)

La teoría enunciada por Ohno, nos permite calcular las frecuencias de resonancia

$$f_k = f_k(C_{ij}, l_i) \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$$

como función de las constantes elásticas  $C_{ij}$  y de tres largos de borde  $l_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) de la muestra.

El problema es obtener  $C_{ij}$  teniendo los datos de  $f_k$  y de  $l_i$ , para lo cual nos damos un set de valores de prueba para  $C_{ij}^0$  y las frecuencias calculadas  $f_k^0$  son comparadas con los valores observados  $f_k^{obs}$ . Modificando los valores de prueba de  $C_{ij}^0$  mediante iteraciones, se logra la identificación del método y al mismo tiempo se encuentra la primera aproximación para  $C_{ij}$ . Luego, a las frecuencias de resonancia se les hace un desarrollo de Taylor en torno a  $C_{ij}^0$  y  $l_i^0$  de la temperatura de referencia:

$$f_k(T) = f_k^0 + \frac{\partial f_k}{\partial C_{ij}} [C_{ij}(T) - C_{ij}^0] + \frac{\partial f_k}{\partial l_i} [l_i(T) - l_i^0]$$

donde  $f_k^0$ ,  $\partial f_k / \partial C_{ij}$  y  $\partial f_k / \partial l_i$  son calculados para  $C_{ij} = C_{ij}^0$  y  $l_i = l_i^0$ . Luego la ecuación anterior queda como sigue:

$$[f_k(T) - f_k^0] - \frac{\partial f_k}{\partial l_i} [l_i(T) - l_i^0] = \frac{\partial f_k}{\partial C_{ij}} [C_{ij}(T) - C_{ij}^0]$$

#### **Resultados Monocristal Ni-Si:**

- Aleación aumenta el valor de  $C_{12}$  para todo el rango de temperaturas, comparando con níquel puro.
- Disminuye el valor de  $C_{44}$  para todo el rango de temperaturas
- Efecto muy pequeño sobre el valor de  $C_{11}$

#### **Resultados Ni<sub>3</sub>Si:**

- Se extrapolan datos conocidos, ya que no se puede aplicar el método de RPR
- El valor de  $C_{12}$  aumenta con la concentración de Si mientras las otras dos varían muy poco.

Franco Morales  
Matías Vidal