

Tabla de Contenido

Introducción	1
Objetivos	4
1. Antecedentes	6
1.1. Estructuras tipo sándwich	6
1.2. Identificación de daño por vibraciones	8
1.3. Algoritmos basados en la curvatura de los modos de vibración	9
1.3.1. Algoritmo TDGMS	9
1.3.2. Algoritmo ULS	13
1.3.3. Algoritmo SEM	15
1.4. Sistema de correlación digital de imágenes de alta velocidad	18
1.5. Análisis de datos: Reducción del ruido experimental	21
1.6. Correlación modal	24
2. Programa Experimental	25
2.1. Muestras	25
2.1.1. Escenarios de daño	27
2.2. Montaje Experimental	28
2.3. Metodología	28
2.3.1. Identificación de frecuencias naturales	29
2.3.2. Medición mediante el Sistema DIC	30
2.3.3. Extracción de información modal	31
2.3.4. Post-procesamiento de datos	35
2.4. Modos de vibrar	36
3. Resultados y Análisis	43
3.1. Correlación Modal	43
3.2. Resultados TDGSM	47
3.3. Resultados TDGSM con información de la placa sin daño	51
3.4. Resultados ULSM	55
3.5. Resultados SEM	59
3.6. Análisis de resultados	63
Conclusión	65
Bibliografía	69

Índice de tablas

1.1. Métodos de identificación de daño	9
2.1. Propiedades placas de aluminio	25
2.2. Propiedades núcleo	26
2.3. Frecuencias naturales según escenario de daño	30
2.4. Estructura de un archivo HDF5 exportado por el programa Istra4D	31
2.5. Parámetros s según escenario de daño	36
3.1. Valores de correlación en la diagonal de la matriz MAC, placas 1 a 3	46
3.2. Valores de correlación en la diagonal de la matriz MAC, placas 4 y 5	46
3.3. Porcentaje de daño detectado, según método de identificación, luego de la aplicación del test estadístico de Grubbs	65

Índice de figuras

1.1. Placa tipo sándwich	6
1.2. Diseño del sándwich	7
1.3. Puntos utilizados para la estimación de parámetros a partir de los datos vecinos (puntos negros) para el punto omitido (punto blanco)[18]	11
1.4. Diagrama de flujo del tratamiento estadístico de datos para los índices de irregularidad estructural [18]	13
1.5. Cámaras de alta velocidad	18
1.6. Par de planos correspondientes a una sola imagen	19
1.7. Suavizado automático en dos dimensiones de un set de datos con datos faltantes. (A) Datos con ruido. (B) Datos corruptos con valores faltantes. (C). Datos suavizados restaurados desde B. (D) Errores absolutos entre los datos restaurados y los originales.[6]	23
1.8. Matriz de indicadores MAC	24
2.1. Construcción de una placa: 1)Definición de la ubicación del daño, 2)Aplicación de resina epóxica, 3)Posicionamiento del núcleo	26
2.2. Escenarios de daño. Las zonas en plomo representan las áreas con delaminación.	27
2.3. Montaje experimental	28
2.4. Diagrama del procedimiento de adquisición de datos	28
2.5. Espectro en frecuencia	29
2.6. Interfaz algoritmo fft_GUI	31
2.7. Malla virtual	32
2.8. Historia temporal desplazamiento en z	32
2.9. Espectro en frecuencia, placa 6	33
2.10. Modo operacional, placa 6	33
2.11. Modo operacional, placa 6	34
2.12. Modo operacional, placa 6	34
2.13. Modo operacional a $444,38Hz$, Placa 6	35
2.14. Modo operacional a $444,38Hz$, suavizado	36
2.15. Gráficos de contorno de los modos de la Placa 1 (la región con daño se representa en azul). a)Modo 1, b)Modo 2, c)Modo 3, d)Modo 4, e)Modo 5, y f)Modo 6	37
2.16. Gráficos de contorno de los modos de la Placa 2 (la región con daño se representa en azul). a)Modo 1, b)Modo 2, c)Modo 3, d)Modo 4, e)Modo 5, y f)Modo 6	38

2.17. Gráficos de contorno de los modos de la Placa 3 (la región con daño se representa en azul). a)Modo 1, b)Modo 2, c)Modo 3, d)Modo 4,y e)Modo 5	39
2.18. Gráficos de contorno de los modos de la Placa 4 (la región con daño se representa en azul). a)Modo 1, b)Modo 2, c)Modo 3, d)Modo 4, e)Modo 5, y f)Modo 6	40
2.19. Gráficos de contorno de los modos de la Placa 5 (la región con daño se representa en azul). a)Modo 1, b)Modo 2, c)Modo 3, d)Modo 4,e)Modo 5, y f)Modo 6	41
2.20. Gráficos de contorno de los modos de la Placa 6. a)Modo 1, b)Modo 2, c)Modo 3, d)Modo 4, e)Modo 5, y f)Modo 6	42
3.1. Correlación modal Placa 1. Matriz MAC	44
3.2. Correlación modal Placa 2. Matriz MAC	44
3.3. Correlación modal Placa 3. Matriz MAC	45
3.4. Correlación modal Placa 4. Matriz MAC	45
3.5. Correlación modal Placa 5. Matriz MAC	46
3.6. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 1.a)Índices de daño, b)Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c)Índices de daño luego del tratamiento estadístico	47
3.7. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 2.a)Índices de daño, b)Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c)Índices de daño luego del tratamiento estadístico	48
3.8. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 3.a)Índices de daño, b)Índices de daño luego del tratamiento estadístico (en azul se muestra el el daño inducido en la estructura)	49
3.9. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 4. a)Índices de daño, b)Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c)Índices de daño luego del tratamiento estadístico	49
3.10. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 4. a)Índices de daño, b)Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c)Índices de daño luego del tratamiento estadístico	50
3.11. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 1.a)Índices de daño, b)Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c)Índices de daño luego del tratamiento estadístico	51
3.12. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 2.a)Índices de daño, b)Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c)Índices de daño luego del tratamiento estadístico	52
3.13. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 3.a)Índices de daño, b)Índices de daño luego del tratamiento estadístico (en azul se muestra el el daño inducido en la estructura)	53

3.14. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 4. a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	53
3.15. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 4. a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	54
3.16. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 1.a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	55
3.17. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 2.a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	56
3.18. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 3.a) Índices de daño, b) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	57
3.19. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 4. a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	57
3.20. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 5. a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	58
3.21. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 1.a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	59
3.22. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 2.a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en rojo se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	60
3.23. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 3.a) Índices de daño, b) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	61
3.24. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 4. a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	61
3.25. Gráfico de contorno de los índices de irregularidad estructural usando los modos operacionales de la placa 5. a) Índices de daño, b) Comparación de daño detectado (en azul se muestra el daño inducido en la estructura) y c) Índices de daño luego del tratamiento estadístico	62