

ÍNDICE GENERAL

Objetivo y Justificación	3
---------------------------------	----------

CAPÍTULO 1. Aleaciones con Memoria de Forma	13
--	-----------

Introducción	13
1.1. Historia de las aleaciones con memoria de forma	14
1.2. La transformación martensítica	15
1.2.1. Martensita: perspectiva microscópica	15
1.2.2. Martensita: perspectiva macroscópica	21
1.2.3. El origen de la memoria de forma	24
1.2.4. Martensita inducida por tensión: superelasticidad	26
1.2.5. Efecto doble memoria de forma	33
1.3. Tipos de aleaciones con memoria de forma	36
1.4. Aleaciones con memoria de forma níquel titanio (NiTi)	38
1.4.1. Propiedades mecánicas	37
1.4.2. Fabricación de las aleaciones NiTi	40
1.4.3. Procesado final de las aleaciones NiTi	42
1.5. Aplicaciones de las aleaciones con memoria de forma	45

CAPÍTULO 2. Modelos Constitutivos para las Aleaciones con Memoria de Forma NiTi: Análisis e Implementación Numérica	53
--	-----------

Introducción	54
2.1. Modelos constitutivos para las aleaciones con memoria de forma	56
2.1.1. Modelos constitutivos micromecánicos	57
2.1.2. Modelos constitutivos micro-macro mecánicos	59
2.1.3. Modelos constitutivos macromecánicos	62

2.2. Análisis y reformulación de modelos macromecánicos unidimensionales	69
2.2.1. Modelo de Tanaka	72
2.2.1.1. <i>Reformulación del modelo de Tanaka</i>	72
2.2.1.2. <i>Análisis y consideraciones del modelo de Tanaka</i>	76
2.2.2. Modelo de Liang y Rogers	78
2.2.2.1. <i>Reformulación del modelo de Liang y Rogers</i>	78
2.2.2.2. <i>Análisis y consideraciones del modelo de Liang y Rogers</i>	80
2.2.3. Modelo de Brinson	84
2.2.3.1. <i>Reformulación del modelo de Brinson</i>	84
2.2.3.2. <i>Análisis y consideraciones del modelo de Brinson</i>	88
2.2.4. Modelo de Auricchio: lineal y exponencial	90
2.2.4.1. <i>Reformulación del modelo de Auricchio exponencial y lineal</i>	90
2.2.4.2. <i>Análisis y consideraciones del modelo de Auricchio exponencial y lineal</i>	96
2.3. Implementación numérica de los modelos analizados	98
2.3.1. Procedimiento para la implementación numérica	98
2.3.2. Implementación numérica del modelo de Tanaka	110
2.3.3. Implementación numérica del modelo de Liang y Rogers	118
2.3.4. Implementación numérica del modelo de Brinson	120
2.2.5. Implementación numérica del modelo de Auricchio lineal	128
2.2.6. Implementación numérica del modelo de Auricchio exponencial	137
2.4. Comprobación de las previsiones numéricas de los modelos seleccionados	139

CAPÍTULO 3. Ensayos para la caracterización de las Aleaciones con Memoria de Forma NiTi **213**

Introducción	214
3.1. Ensayos en Aleaciones con Memoria de Forma NiTi:	
consideraciones previas	216
3.1.1. Ensayos a tracción en SMA NiTi	217
3.1.2. Ensayos bajo otras condiciones de carga	221

3.1.3. Ensayos destinados a la verificación de modelos constitutivos macroscópicos	223
3.2. Procedimientos y técnicas experimentales para los ensayos de alambres NiTi	224
3.2.1. Condiciones para la realización de los ensayos a tracción	224
3.2.1.1. Medio en el que se ensaya la probeta a tracción	225
3.2.1.2. Control del ensayo a tracción	225
3.2.1.3. Velocidad de deformación en el ensayo a tracción	228
3.2.1.4. Calentamiento del material para los ensayos a diferentes temperaturas	230
3.2.1.5. Medición de la deformación en el ensayo a tracción	232
3.2.1.6. Historia térmica previa de la probeta	233
3.2.1.7. Velocidad de calentamiento en la recuperación de forma	235
3.2.1.8. Tratamiento térmico previo de la probeta	236
3.2.1.9. Método de obtención de las temperaturas de transformación	242
3.2.1.10. Velocidad de enfriamiento/calentamiento para la determinación de las temperaturas de transformación	245
3.2.1.11. Deformación máxima impuesta	247
3.2.1.12. Historia mecánica previa o ciclado previo	248
3.2.2. Selección del material	248
3.2.3. Maquinaria y equipos	250
3.2.3.1. Equipos para el ensayo a tracción	250
3.2.3.2. Equipos para la medición de las temperaturas de transformación	255
3.2.3.3. Otros equipos auxiliares	256
3.2.4. Procedimiento de cálculo para la determinación de los parámetros constitutivos	257
3.3. Estabilización de los alambres NiTi mediante ensayos a tracción	265
3.3.1. Programación y secuenciación de los ensayos	266
3.3.2. Análisis de los resultados	273
3.4. Ensayos a tracción de alambres NiTi con tratamiento térmico previo	287
3.4.1. Programación y secuenciación de los ensayos	287
3.4.2. Análisis de los resultados y obtención de los parámetros constitutivos	291

CAPÍTULO 4. Contrastación Experimental de los Modelos Constitutivos 303

Introducción	304
4.1. Contrastación de los modelos constitutivos a partir de los ensayos a tracción	305
4.1.1. Consideraciones previas	305
4.1.2. Comparación de las previsiones de los modelos con los resultados experimentales	306
4.1.3. Análisis de los resultados y conclusiones iniciales	309
4.2. Contrastación de los modelos constitutivos a partir de ensayos a tensión constante	317
4.2.1. Desarrollo de los ensayos a tensión constante	317
4.2.1.1. <i>Maquinaria y procedimiento experimental</i>	317
4.2.1.2. <i>Resultados experimentales de los ensayos a tensión constante</i>	321
4.2.2. Contrastación experimental de los modelos y análisis de los resultados	329
4.3. Contrastación experimental de los modelos a partir de ensayos combinados tensión constante y deformación constante	337
4.3.1. Desarrollo de los ensayos combinados tensión constante y deformación constante	337
4.3.2. Simulación numérica, contrastación experimental y análisis de los resultados	343
4.4. Propuesta de modelo constitutivo macroscópico	359
4.4.1. Formulación teórica y justificación	359
4.4.2. Verificación experimental	364

CAPÍTULO 5. Análisis Teórico y Experimental de una Viga SMA a Flexión 371

Introducción	371
5.1. Análisis teórico de la flexión en una viga empotrada SMA	374
5.1.1. Antecedentes en el análisis a flexión de SMA	374

5.1.2. Modelo de viga empotrada a flexión: pequeñas deformadas	376
5.1.3. Implementación numérica del modelo de viga: pequeñas deformadas	382
5.1.4. Análisis de las hipótesis impuestas en el modelo de viga	388
5.1.4.1. Hipótesis de simetría tracción/compresión	388
5.1.4.1. Hipótesis de pequeñas deformadas	391
5.1.5. Implementación numérica del modelo para grandes deformadas	393
5.2. Diseño experimental de una viga empotrada SMA a flexión	395
5.2.1. Equipos experimentales y procedimiento experimental	395
5.2.3. Resultados experimentales	400
5.3. Análisis del modelo a flexión y contrastación experimental	403
5.3.1. Verificación experimental del modelo con grandes deformadas a través de los ensayos a tracción	403
5.3.2. Verificación experimental del modelo con grandes deformadas con los modelos constitutivos	408
 CAPÍTULO 6. Conclusiones	 425
<hr/>	
6.1. Conclusiones	425
6.2. Aportaciones del trabajo de investigación	435
6.3. Propuestas de Futuro	436
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 441
<hr/>	
ANEJO 1.	Tabla comparativa de ensayos para la verificación de modelos constitutivos
<hr/>	
ANEJO 2.	Certificado de Calidad de la Aleación SM495
<hr/>	