

Índice

Resumen	IV
Abstract	V
Capítulo 1	
Introducción	1
1. 1. El Zircaloy en la industria nuclear	2
1. 2. La fragilización por hidrógeno de componentes estructurales	4
1. 2. 1. La fragilización por hidrógeno en aleaciones base Zr	7
1. 2. 2. La fragilización por hidrógeno, un problema industrial	9
1. 3. Descripción del trabajo y Objetivos	10
1. 4. Organización	10
Capítulo 2	
El material y las técnicas de estudio	12
2. 1. Propiedades relevantes del Circonio y la aleación Zry-4	13
2. 2. Interacción Zr-H	14
2. 2. 1. Efecto del hidrogeno sobre las propiedades mecánicas	17
2. 3. Metodología utilizada para la preparación de las muestras y caracterización de propiedades generales	19
2. 4. Técnicas de incorporación intencional de hidrógeno	22
2. 4. 1. Carga electroquímica de hidrógeno	23
2. 4. 2. Carga desde fase gaseosa	24
2. 4. 3. Identificación de la fase hidruro	26
2. 5. Técnicas de medición de propiedades mecánicas	27
2. 6. Técnicas de medición de propiedades de Mecánica de fractura	29
2. 6. 1. Clasificación de los regímenes de Mecánica de Fractura	29
2. 6. 1. 1.. Criterios de aplicación de mecánica de fractura lineal-elástica	31
2. 6. 1. 2!. Criterios de aplicación de mecánica de fractura elastoplástica	32

2.6. 1. 3.	Criterios a emplear en el estudio de Zry-4	33
2. 6.2.	Técnicas de ensayos utilizadas	34
2.6.2. 1.	Ensayos utilizando probetas tipo CT	34
2.6.2 .2]	Ensayos utilizando probetas tipo SE(B) pequeñas en SEM	40
2.7.	Técnicas de modelado	42

Capítulo 3

Resultados, Caracterización general del material	45
3.1 Características del material	46
3. 1. 1. Microestructural	46
3. 1.. 2. Textura	47
3. 1.3. Caracterización de la absorción de Hidrógeno	49
3.2 Comportamiento a la tracción	51
3.3 Discusión	57

Capítulo 4

Resultados, Caracterización de las propiedades de fractura	59
4.1. Resultado de los ensayos macroscópicos del material base y con distribución homogénea de H	60
4. 1. 1 Tenacidad a la fractura del material base en función de la temperatura	60
4.1.2 Dependencia de la tenacidad a la fractura con el contenido de Hidrógeno	63
4.1.3 Dependencia de la tenacidad con la temperatura y el contenido de H	64
4.1.4 Mediciones en probetas con diferentes orientaciones	69
4. 1. 5 Discusión	70
4. 1. 5. 1. Aplicación de las técnicas	70
4. 1. 5. 2. Resultados presentados	70
4. 1. 5. 3. Discusión sobre transición dúctil-frágil	73
4.2. Mediciones en probetas prefisuradas cargadas con H bajo tensiones en Modo 1	74
4.2. 1 Discusión de los resultados	75

4.3. Ensayos de probetas tipo SSE(B)	76
4.3.1 Dependencia de los parámetros de fractura con el contenido de H	76
4.3.2 Mecanismos típicos de fractura observados	78
4.3.3 Discusión de los resultados	82
4.4. Estudios pos ensayos	84
4.4.1. Estudio de los mecanismos de fractura por medio de fractografías	84
4.4.2. Discusión de los resultados	89
Capítulo 5	
Simulación de elementos finitos	91
<i>Parte A</i>	
5.1 Cálculo de deformaciones y tensiones en 3D	92
5.2 Cálculo de parámetros de fractura	95
5.2.1 Simulación del Material heterogéneo	95
5.2.1.1 Modelado de una red de precipitados	95
5.2.1.2 Simulación con cambio de comportamiento $\sigma-\varepsilon$	97
5.3 Discusión	104
<i>Parte B</i>	
5.4 Comparación de los resultados de simulaciones con observaciones experimentales	105
5.4.1 Técnica de impresión de grillas sobre probetas SSE(B)	105
5.4.2 Comparación simulación-experimental	106
5.4.3 Discusión y conclusiones de la comparación	107
(Conclusiones	111
Referencias	115