

# ÍNDICE

Capítulo 1.	Estado del arte y objetivos	1
1.1.	El titanio y sus aleaciones.	2
1.2.	Clasificación de las aleaciones de titanio.	3
1.3.	Metalurgia del Ti6Al4V.	8
1.4.	Propiedades mecánicas dinámicas y microestructura laminar.	12
1.5.	Transformación martensítica del Ti6Al4V durante la fabricación aditiva.	15
1.6.	La fabricación aditiva como proceso industrial.	18
1.7.	Ventajas y desventajas de la fabricación aditiva.	21
1.8.	Calidad del material fundido.	23
1.9.	Microestructura producida mediante EBM.	24
1.10.	Tenacidad y crecimiento de grieta en la FA.	26
1.11.	Mecánica de la fractura elástico lineal (MFEL).	32
1.11.1.	Balance energético de Griffith.	33
1.11.2.	Concentrador de tensiones como defecto.	34
1.11.3.	Campo elástico en el entorno cercano a la grieta.	36
1.11.4.	La integral de contorno J.	38
1.11.5.	Relación de K y J en la mecánica de fractura elástico lineal.	40
1.12.	Crecimiento de grieta en función del factor de intensidad de tensiones. Ley de París.	41
1.13.	Método de los elementos finitos extendidos (XFEM).	43
1.13.1.	Planteamiento del XFEM.	44
1.13.2.	Planteamiento e implementación del XFEM.	46
1.14.	Objetivos de la tesis.	49
Capítulo 2.	Métodos experimentales y de caracterización de materiales	50
2.1.	Materiales para la investigación.	51
2.2.	Fabricación aditiva mediante haz de electrones.	51
2.3.	Proceso térmico durante la fabricación.	54

2.4.	Fabricación de las probetas de ensayo.	55
2.5.	Análisis químico.	59
2.6.	Microscopía.	61
2.6.1.	Microscopía óptica.	61
2.6.2.	Microscopía electrónica de barrido.	63
2.7.	Ensayos mecánicos.	65
2.7.1.	Ensayo a tracción.	65
2.7.2.	Tenacidad a la fractura.	67
2.7.3.	Crecimiento de grieta.	68
2.7.4.	Ensayos de dureza.	71
Capítulo 3.	Plan experimental	73
3.1.	Introducción.	74
3.2.	Dimensiones de probetas CT.	74
3.3.	Nomenclatura de las probetas CT ensayadas.	75
3.4.	Tenacidad a la fractura. Estudio respecto a la localización en el eje Z.	80
3.5.	Ensayo de Dureza. Estudio respecto a la localización en el eje Z.	82
3.6.	Ensayo de tracción.	83
3.7.	Análisis químico.	83
3.8.	Análisis microestructural.	83
3.9.	XFEM. Validación y orientación.	84
3.10.	Resumen del plan experimental.	84
Capítulo 4.	Resultados	86
4.1.	Caracterización microestructural.	87
4.2.	Ensayos mecánicos.	95
4.2.1.	Ensayo de dureza.	95
4.2.2.	Ensayo de tracción.	99
4.2.3.	Tenacidad a la fractura.	109
4.2.4.	Curvas da/dN.	127

4.3.	Fractografía.	134
4.4.	Análisis químico.	139
4.5.	Análisis XFEM sobre piezas de fabricación aditiva.	141
4.5.1.	Validación del método XFEM.	141
4.5.2.	Geometrías con agujeros mediante XFEM.	147
4.5.3.	Comparativa XFEM con resultados experimentales.	153
4.6.	Comparativa de XFEM en geometrías complejas con ensayos experimentales.	158
Capítulo 5.	Conclusiones	161
5.1.	Conclusiones.	162
5.2.	Trabajos futuros	164
Capítulo 6.	Bibliografía	166
Anexos		180