3.3 ENSAYOS EXPERIMENTALES DE DUQUESNAY et al.

3.3.1 Descripción de los ensayos experimentales

Detalles experimentales

Los materiales utilizados en esta investigación fueron una aleación de aluminio 2024-T351 y un acero SAE 1045(0.46% C, 0.81% Mn). La tabla 3.13 presenta las propiedades mecánicas de estos materiales.

Material	σ _s , σ _{0.2} (MPa)	σ _B (MPa)	σ _T (MPa)	Ψ (%)	H _B
Al 2024-T351	360	466	623	35	-
SAE 1045	466	745	1046	25	235

Tabla 3.13: Propiedades mecánicas.

 σ_s : límite elástico; $\sigma_{0,2}$:tensión de prueba 0.2%; σ_B : tensión ultima de tracción; σ_T : tensión de rotura; Ψ : reducción de área; H_B: dureza Brinell

El tamaño de grano del acero SAE es de 25µm mientras que la aleación de aluminio presenta un tamaño de grano de 50µm.

El límite de fatiga del material se obtuvo ensayando especimenes cilíndricos hasta una vida de 20 millones de ciclos. El estudio del efecto del tamaño de la entalla en el límite de fatiga del material se ha realizado sobre especimenes planos con entallas circulares pasantes situadas en el centro de la probeta.

Los diámetros de entalla varían desde 0.24 a 3.0 mm en la aleación de aluminio 2024 y desde 0.24 a 5.0 mm en el acero SAE 1045.

Las condiciones de carga estudiadas fueron R = -1 y R = 0. Las frecuencias de ensayo estuvieron comprendidas entre 5 y 80Hz, dependiendo de la amplitud de carga.

Resultados experimentales

Los límites de fatiga de los especimenes sin entallas y los factores de intensidad de tensiones umbrales para las distintas condiciones de carga están recogidos en la siguiente tabla,

Material	σ _{FL} (MPa)	K _{th} (MPa m ^{1/2})
Al 2024-T351 (R= -1)	124	2.2
Al 2024-T351 (R= 0)	86	2.0
SAE 1045 (R=-1)	303	4.5

La tabla 3.15 muestra los límites de fatiga del espécimen entallado, para entallas de distintos diámetros. Los factores de concentración de tensiones han sido calculados a partir de los valores tabulados en [13].

MATERIAL	R	ρ Κ _t		σ _{FL} (exp.)
		(µm)		(MPa)
		120	2.98	179.3
		250	2.96	154.6
SAE 1045	-1	500	2.94	139.6
		1500	2.82	123.7
		2500	2.7	130.6
		120	2.98	80
		250	2.96	62
	-1	500	2.94	62
		1500	2.82	45
Aluminio		120	2.98	57.3
2024-1351		250	2.96	54.4
	0	500	2.94	44.2
		1500	2.82	31.6

Tabla 3.15: límites de fatiga experimentales.

3.3.2 Aplicación y comparación de los modelos

Modelo de Lukas et al.

Al igual que en los ensayos de Murakami et al. no se posee información acerca de la longitud crítica de grieta no-propagante en el límite de fatiga de la aleación de aluminio 2024-T351 y del acero SAE 1045.

Utilizando los mismos criterios adoptados en el apartado de Murakami, el modelo es aplicado con longitudes l_0 ~3.2D (DuQuesnay obtiene con esta estimación el valor máximo para sus tensiones predichas, en el caso de grietas pequeñas, [8]) y l_0 ~D para la aleación de aluminio y l_0 ~3D para el acero.

MATERIAL				LUKAS et al.					
	R	ρ	Kt	$\sigma_{FL}(exp.)$	σ _{FL} (pred.)		E ^(¤)		
		(µm)		(MPa)	(MPa)		(%)		
		120	2.98	179.3	198.5		-10.7		
SAE 1045		250	2.96	154.6	15	6.9	-1.5		
	-1	500	2.94	139.6	13	3.4	4.4		
		1500	2.82	123.7	11	8.9	3.9		
		2500	2.7	130.6	114	114.6		12.3	
	R	ρ	Kt	σ _{FL} (exp.)	$\sigma_{\rm FL}$	E ^(¤)	σ _{FL}	E ^(¤)	
		(µm)		(MPa)	(pred.)	(%)	(pred.)	(%)	
		•			(1)		(2)		
		120	2.98	80	110.9	-37.6	86.7	-8.3	
		250	2.96	62	82.5	-33.1	67.6	-9.0	
Aluminio	-1	500	2.94	62	65.9	-6.3	56.6	8.7	
2024-T351		1500	2.82	45	53.5	-18.9	49.5	-10	
		120	2.98	57.3	74.3	-29.7	48.9	14.7	
		250	2.96	54.4	55.9	-2.5	40.0	26.6	
	0	500	2.94	44.2	44.9	-1.6	35.2	20.4	
		1500	2.82	31.6	36.7	-16.1	32.7	-3.5	
	1		1				1		

Tabla 3.16: datos del espécimen entallado y predicciones

[°] Error(%): (exp.-pred.)/exp. ×100 (1) l₀=3.2D

(1) $l_0 = 5.21$ (2) $l_0 = D$ La tabla 3.16 presenta los resultados de la aplicación del modelo de Lukas a estos dos materiales. Como en los casos anteriores, las ecuaciones utilizadas se recogen en (2.16).

Como puede observarse, las predicciones para el acero (R=-1) presentan unas diferencias razonables respecto a los valores experimentales, encontrándose los errores menores del 15%.

La estimación de l_0 ~3D realizada para la aleación de aluminio proporciona, en todos los casos, valores del límite de fatiga superiores a los datos experimentales, incluso superior al límite de fatiga del componente sin entalla.

Bajo las condiciones R = -1 y $l_0 \sim D$, los errores son razonables no superando el 10%, sin embargo, en condiciones de carga R = 0, los errores aumentan.

Modelo de Murakami et al.

El modelo de Murakami sólo es aplicable para entallas superficiales y condiciones de carga R = -1, por lo que no es aplicable a los ensayos de DuQuesnay.

Modelo Micromecánico.

Este modelo es aplicable tanto para condiciones de carga R = -1 como a R = 0. En lo referente a los factores f e Y, como ya se comentó para los ensayos de Lukas et al. los valores a tomar para estos dos datos son: f = 2.5 para aceros y aluminio, e Y =1 como valor representativo en todos los casos.

A continuación se muestra la tabla 3.17 con las predicciones de este modelo y su desviación frente a los datos experimentales.

		Material			Μ	Μ
	R	ρ (μm)	K _t	σ _{FL} (exp.) (MPa.)	σ _{FL} (pred.) (MPa)	E ^(¤) (%)
		120	2.98	179.3	161.1	10.2
SAE 1045		250	2.96	154.6	131.2	15.4
	-1	500	2.94	139.6	114.2	18.2
		1500	2.82	123.7	109.1	11.8
		2500	2.7	130.6	113.2	13.3
		120	2.98	80	72.9	8.9
		250	2.96	62	59.2	4.5
	-1	500	2.94	62	49.9	19.5
		1500	2.82	45	45.3	-0.7
Aluminio						
2024-T351		120	2.98	57.3	53.4	6.8
		250	2.96	54.4	43.4	20.4
	0	500	2.94	44.2	36.1	18.3
		1500	2.82	31.6	31.45	0.47

Tabla 3.17: Datos del espécimen entallado y predicciones

[¤] Error(%): (exp.-pred.)/exp. ×100

Los errores cometidos en la predicción del acero se encuentran entre 10 y 20%, pudiéndose considerar razonables.

En el aluminio 2024-T351, como en la aplicación del modelo de Lukas, las predicciones bajo R = -1 son mejores que bajo condiciones de carga R = 0, aunque en este modelo las diferencias entre ambas condiciones son algo menos acusadas.

A continuación se presenta los resultados de cada modelo para cada material de estos ensayos.