

OBSAH

	PŘEHLED POUŽITÝCH VELIČIN A JEJICH JEDNOTEK . . .	7
1	ÚVOD	11
2	ZÁKLADNÍ RYSY ÚNAVOVÉHO PORUŠOVÁNÍ	14
2.1	Historický přehled	14
2.2	Definice základních pojmů	22
2.3	Základní stadia únavového děje	27
2.3.1	Cyklická deformace a změny vlastností	27
2.3.2	Vznik trhlin	31
2.3.3	Krátké trhliny	37
2.3.4	Makroskopické šíření trhliny	40
2.3.5	Lom	49
2.3.6	Cyklické tečení a kvazistatický lom	52
3	VÝBĚR KONTRUKČNÍCH SLITIN	57
3.1	Hlediska hodnocení vlastností	57
3.2	Hliník a slitiny hliníku	63
3.2.1	Slitiny Al—Cu—Mg	65
3.2.2	Slitiny Al—Zn—Mg	68
3.2.3	Další slitiny hliníku	73
3.2.4	Nové slitiny hliníku	74
3.2.5	Kritéria výběru hliníkových slitin	77
3.3	Titan a slitiny titanu	80
3.3.1	Přehled titanových slitin	81
3.3.2	Dělení slitin podle vlastností a užití	89
4	STRUKTURNÍ CHARAKTERISTIKY VYBRANÝCH SLITIN . . .	93
4.1	Hliníkové slitiny	93
4.1.1	Slitiny Al—Cu—Mg	93
4.1.2	Slitiny Al—Zn—Mg	102
4.1.3	Slitiny s lithiem	106
4.2	Mikrostruktura titanových slitin	108
5	ÚNAVOVÉ VLASTNOSTI SLITIN HLINÍKU	121
5.1	Slitiny Al—Cu—Mg	121
5.1.1	Změny mechanických vlastností	121
5.1.2	<i>S—N</i> křivky	122
5.1.3	Vznik mikrotrhlin a krátkých trhlin	128
5.1.4	Makroskopické šíření trhliny	150
5.1.5	Lomové plochy	165
5.2	Slitiny Al—Zn—Mg	169
5.2.1	Změny mechanických vlastností	169
5.2.2	<i>S—N</i> křivky	170
5.2.3	Vznik mikrotrhlin	174
5.2.4	Rychlost šíření trhliny	174

5.2.5	Lomové plochy	130
5.3	Srovnání slitin Al—Cu—Mg a Al—Zn—Mg	133
5.4	Únavové vlastnosti slitin Al—Mg—Si	136
5.5	Ostatní hliníkové slitiny	138
5.6	Nové slitiny hliníku	195
5.7	Hliníkové slitiny připravené práškovou metalurgií	197
5.8	Slévárenské slitiny hliníku	198
5.9	Shrnutí	200
6	ÚNAVOVÉ VLASTNOSTI SLITIN TITANU	203
6.1	Slitina TiAl6V4	207
6.1.1	S—N křivky	211
6.1.2	Vznik mikrotrhlin	215
6.1.3	Šíření únavových trhlin	219
6.1.4	Lomové plochy	226
6.2	Sovětské slitiny pro vyšší teploty	227
6.3	Americké a jiné slitiny pro vyšší teploty	238
6.4	Odolnost proti únavovému porušování	245
6.5	Odlitky z titanových slitin	247
6.6	Slitiny připravené práškovou metalurgií	248
7	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ÚNAVOVÉ CHOVÁNÍ	250
7.1	Podmínky zatěžování	250
7.2	Vliv teploty	254
7.3	Vliv přetěžovacích cyklů	256
7.4	Vliv tvaru a výroby zkušebních tyčí	262
7.4.1	Vliv vrubu	262
7.4.2	Vliv rozměru	265
7.4.3	Vliv podmínek výroby	267
7.4.4	Vliv povrchu	269
7.4.5	Odběr vzorků	274
7.5	Vliv vnější atmosféry	275
7.5.1	Vliv vlhkosti	276
8	HODNOCENÍ ÚNAVOVÉHO CHOVÁNÍ	281
8.1	Experimentální metody měření růstu trhliny	281
8.2	Experimentální metody určení plastické zóny	290
8.3	Statistický přístup k hodnocení únavy	294
9	PORUŠOVÁNÍ TVAROVÝCH SOUČÁSTÍ	302
9.1	Porušování nosného průřezu	303
9.2	Porušování nýtových spojů	308
9.3	Porušování disku	312
10	VYUŽITÍ EXPERIMENTÁLNÍCH VÝSLEDKŮ PRO NÁVRHY KONSTRUKCÍ	314
10.1	Koncepce bezpečného života	316
10.2	Navrhování důležitých konstrukcí a součástí	318
10.2.1	Obecný postup návrhu	321
10.2.2	Hodnoty pro výpočet	323
10.3	Předpověď doby života	329
11	SMĚRY DALŠÍHO VÝVOJE	331
	LITERATURA	334
	REJSTŘÍK	349

PŘEHLED POUŽITÝCH VELIČIN A JEJICH JEDNOTEK

a	délka trhliny	m, mm, μm
a_0	počáteční délka trhliny	m, mm, μm
a_c	kritická délka trhliny	m, mm, μm
a_{ov}	délka trhliny ovlivněná přetěžovacím cyklem	m, mm, μm
a_t	délka trhliny ovlivněná více přetěžovacími cykly	m, mm, μm
Δa	přírůstek trhliny	m, μm
$\frac{da}{dN}$	rychlost šíření trhliny	m/cykl, $\mu\text{m}/\text{cykl}$
a_i	konstanta	1
A	tažnost	%
A, A_0, A'	konstanta	1
b	Burgersův vektor	m
b_1	konstanta	1
c_i	konstanta	1
C, C_1	konstanta	1
d	průměr zrna, částice	m, mm, μm
D	difúzní součinitel	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
E	modul pružnosti v tahu	MPa, GPa
E	operátor střední hodnoty	1
f	frekvence	s^{-1}
F	korekční funkce	
G	modul pružnosti ve smyku	MPa, GPa
G	energie uvolněná v okolí defektu	N . m
h	hloubka vrubu nebo trhliny pod povrchem	m, μm
J	integrál intenzity napětí elasticko- -plastické deformace	N . m^{-1}
J_p	prahová hodnota J integrálu	N . m^{-1}
k	konstanta, exponent	1
K	faktor intenzity napětí	MPa . $\text{m}^{1/2}$
K_a	amplituda faktoru intenzity napětí	MPa . $\text{m}^{1/2}$
K_c	lomová hodnota K	MPa . $\text{m}^{1/2}$
K_{cl}	K při uzavírání trhliny	MPa . $\text{m}^{1/2}$
KCU	vrubová houževnatost	J . cm^{-2}
K_{kr}	kritická hodnota K	MPa . $\text{m}^{1/2}$
K_{et}	efektivní hodnota K	MPa . $\text{m}^{1/2}$

K_{IC}	lomová houževnatost	MPa . m ^{1/2}
K_{ISCC}	prahová hodnota K v koroziálním prostředí	MPa . m ^{1/2}
K_{max}'		
K_{min}	maximální a minimální hodnoty K	MPa . m ^{1/2}
K_p	prahová hodnota K	MPa . m ^{1/2}
K	součinitel stabilizace β -fáze v titanových slitinách	1
K	faktor intenzity deformace	1
m	exponent, materiálový parametr	1
M	součinitel mezi rychlostí šíření trhliny a roztečí striací	1/cykl
n	počet částic	1
n'	součinitel únavového zpevnění	1
n_d	počet částic velikosti d	1
N	počet cyklů	1
N_0	počet cyklů do vzniku trhliny	1
N_f	počet cyklů do lomu	1
N_p	počet cyklů při změně porušování	1
N_z	počet cyklů zpomaleného šíření trhliny při více přetěžovacích cyklech	1
p	pravděpodobnost, relativní četnost	1
P	parametr přetížení	1
$P_{př}$	síla přetížení	N
q	konstanta	1
Q	entalpie pro šíření trhliny	J
r	poloměr zakřivení vrubu, rozměr částice, plastické zóny	m, mm, μ m
r	intenzita přetížení	1
R	parametr asymetrie cyklu	1
R_m	pevnost v tahu	MPa
$R_p 0,2$	smluvní mez kluzu	MPa
$R_{př}$	parametr přetěžovacího cyklu	1
s	rozteč (vzdálenost) striací	m, μ m
s	střední kvadratická odchylka	
S	napětí ve velké vzdálenosti od vrubu	MPa
t	tloušťka	m, mm
t	čas	s
t	Celsiova teplota	°C
T	termodynamická teplota	K
U	korekční funkce pro K	1
v	rychlost šíření trhliny	m/cykl, μ m/cykl
w	hmotnostní podíl prvku	%
Y	konstanta	1
Z_d	parametr porušení	N . m ⁻²

Z_{ef}	efektivní hodnota cyklického J integrálu	$N \cdot m^{-1}$
α	součinitel koncentrace napětí ve vrubu	1
β	exponent, materiálový parametr, vrubový součinitel	1
γ	deformace v krutu, exponent	1
γ	povrchová energie	$J \cdot m^{-2}$
δ	úhel	rad
δ	otevření trhliny na povrchu	$m, \mu m$
ε	deformace; ε_{el} elastická; ε_{pl} plastická	1
ε_a	amplituda deformace; ε_{ael} elastická; ε_{apl} plastická; ε_{at} celková	1
ε_f	deformace do lomu	1
ε'_f	součinitel únavové tažnosti	1
ε_p	deformace při změně porušování	1
λ	exponent	1
λ	vzdálenost žlábků	$m, \mu m$
λ_c	poměr napětí	1
ϱ	poloměr kořene vrubu	m, mm
ϱ	hustota trhlin (dislokací)	m^{-2}, mm^{-2}
σ	napětí, σ_{ef} efektivní, σ_m střední, σ_n nominální, σ_i vnitřní	MPa
σ_a	amplituda napětí	MPa
σ_C	mez únavy, σ_{Cn} mez únavy u tyčí s vrubem	MPa
σ_{cl}	napětí uzavírání trhliny	MPa
σ'_f	součinitel únavové pevnosti	MPa
σ_{kr}	kritická hodnota	MPa
σ_p	napětí při změně porušování	MPa
$\sigma_{př}$	napětí při přetížení	MPa
$\sigma_{0,2}$	cyklická mez 0,2	MPa
ξ	exponent	1