



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

titel

Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science

vorgelegt von

ich

datum

im September 2016

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing.
Zweitprüfer: Dr. R.
Betreuer: M.Sc.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Aufgabenstellung

15.04.2016

Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben. Sowohl inhaltlich als auch wörtlich entnommene Inhalte wurden als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in dieser oder vergleichbarer Form noch keinem anderem Prüfungsgremium vorgelegen.

Datum: _____ Unterschrift: _____

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	I
Abkürzungsverzeichnis	V
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Linear-elastische Bruchmechanik(LEBM)	3
3. Simulation der Rissausbreitung und Lebensdauerberechnung an einer CT-Probe	5
3.1. Analytische Lebensdauerberechnung auf Grundlage von Simulationsergebnissen	5
4. Rissimulation an einer Traktorfelge	7
4.1. Ermittlung der Randbedingungen	7
5. Zusammenfassung und Ausblick	9
A. CT-Probe	11

Nomenklatur

Lateinische Notation

Symbol	Einheit	Bezeichnung
A	mm^2	Fläche
B	m	Probendicke
\mathbf{B}	–	Belastungsmatrix
C	–	Paris Koeffizient
E	$\frac{N}{mm^2}$	E-Modul
E'	$\frac{N}{mm^2}$	spezifischer E-Modul
F	N	Kraft
F_{int}	N	interner Lastvektor
F_{ext}	N	externer Lastvektor
F_G	N	Gewichtskraft
F_T	N	Trägheitskraft
F_N	N	Normalkraft
F_A	N	Antriebskraft, Seitenführungskraft
F_S	N	Seitenführungskraft
F_F	N	Fliehkraft
F_{dyn}	N	dynamischer Kraftvektor
F_V	N	Vorspannkraft
G	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	Energiefreisetzungsrate für Rissmodus I, II, III
G_I	(W)	(W)
G_{II}	(W)	(W)
G_{III}	(W)	(W)
G_c	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	kritische Energiefreisetzungsrate
\mathbf{G}	N	Systembelastung
J	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	J-Integral für Rissmodus I, II, III
J_I	(W)	(W)
J_{II}	(W)	(W)
J_{III}	(W)	(W)
J_c	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	kritische Wert J-Integral
K	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	Spannungsintensitätsfaktor für Rissmodus I, II, III
K_I	(W)	(W)
K_{II}	(W)	(W)
K_{III}	(W)	(W)
K_c	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	kritische Spannungsintensitätsfaktor
K_m	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	mittlere Spannungsintensitätsfaktor
K_o	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	obere Spannungsintensitätsfaktor
K_u	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	untere Spannungsintensitätsfaktor
K_{op}	$\frac{N}{mm^2}\sqrt{mm}$	Rissöffnungsintensitätsfaktor
\mathbf{K}	$\frac{N}{m}$	Systemsteifigkeitsmatrix
M_A	Nm	Antriebsmoment
M_b	Nm	Biegemoment
$M_{Anzugsd}$	Nm	Anzugsdrehmoment
\mathbf{N}	–	Formfunktion
N	LS	Zahl der Lastzyklen
R	–	Spannungsverhältnis K_o/K_u
R_e	$\frac{N}{mm^2}$	Streckgrenze

Symbol	Einheit	Bezeichnung
S	–	Oberfläche
S^+, S^-	–	obere, untere Rissfläche
S_ε	–	Oberfläche Riss Schlauch
S_{end}	–	Stirnfläche
S_h	m	Spurbreite
U	$\frac{J}{m^3}$	Formänderungsenergiedichte
U_M	Nm	Mechanische Energie
U_o	$\frac{J}{m^2}$	Oberflächenenergie
W	m	Abstand Probenende zu Kraftangriffspunkt
W_P	–	Gewichte Integration
Y	–	Geometriefaktor
a	mm	Risslänge
a_0	mm	Anfangsrisslänge
a_c	mm	kritische Risslänge
da_i	mm	Rissfortschritt der i-ten Rissfront i=1,2
dlk	m	Lochkreisdurchmesser
ds	m	Linielement
f_I	–	Winkelfunktion Rissspitzenfeld
f_{II}	–	(\forall)
f_{III}	–	(\forall)
h_S	m	Schwerpunkthöhe
l_R	m	Raadstand
m	–	Paris Exponent
n	–	Normalenvektor
q_k	–	Wichtungsfunktion
r	m	Abstand
t_i	$\frac{N}{mm^2}$	Schnittspannungsvektor
u	m	Verschiebung
u_i	m	Verschiebungsvektor
x_m	–	Koordinaten (räumlich)
z	–	komplexe Variable

Griechische Notation

Symbol	Einheit	Bezeichnung
Γ	–	Integrationsweg
Γ_+, Γ_-	–	oberes, unteres Rissufer
$\Delta\sigma$	$\frac{N}{mm^2}$	Spannungsschwingbreite
ΔK_{th}	$\frac{N}{mm^2} \sqrt{mm}$	schwewert Ermüdung
Δl_k	m	virtuelle Verrückung der Rissfront
ΔF	N	Kraftschwingbreite
ΔK	$\frac{N}{mm^2} \sqrt{mm}$	zyklische Spannungsintensitätsfaktor
ΔK_i	$\frac{N}{mm^2} \sqrt{mm}$	zyklische Spannungsintensitätsfaktor der i-ten Rissfront $i=1,2$
Ω	mm	Gebitsabmessungen
Ω_{\square}	–	Referenzelement
$\alpha, \beta, \gamma, \Theta$	$^{\circ}$	Winkel
γ	$\frac{mN}{m}$	Oberflächenspannung
δ	mm	Rissradius
μ	–	Reibkoeffizient ($_{st}$ Stahl, $_{Stra\ddot{u}ke}$ Straße-Reifen)
ν	–	Querkontraktionszahl
ξ_i	–	natürliche Elementkoordinaten
ρ'	$^{\circ}$	Gewindereibwert
σ	$\frac{N}{mm^2}$	Spannung
σ_{ij}	$\frac{N}{mm^2}$	Cauchyscher Spannungstensor
σ_o	$\frac{N}{mm^2}$	Oberspannung
σ_u	$\frac{N}{mm^2}$	Unterspannung
σ_1	$\frac{N}{mm^2}$	Hauptspannung
σ_2	(\mathbb{W})	(\mathbb{W})
σ_3	(\mathbb{W})	(\mathbb{W})
τ	$\frac{N}{mm^2}$	Schubspannung
ϕ	$\frac{N}{mm^2}$	komplexe Spannungsfunktion
χ	$\frac{N}{mm^2}$	komplexe Spannungsfunktion

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
ASTM	American Society Testing of Materials
CAD	Computer Aided Designe
CT-Probe	Compact Tension Specimen (Kompakt-Zug-Probe)
EDZ	ebener Dehnungszustand
EVZ	ebener Spannungszustand
FEM	Finite Element Methode
LEBM	linear-elastische Bruchmechanik
MCCI	Modified Crack Clsure Integral
MPC	Multi Point Constraint
VCCT	Virtual Crack Closure Technique
XFEM	Extended Finite Element Methode

1. Einleitung

2. Grundlagen

2.1. Linear-elastische Bruchmechanik(LEBM)

3. Simulation der Rissausbreitung und Lebensdauerberechnung an einer CT-Probe

3.1. Analytische Lebensdauerberechnung auf Grundlage von Simulationsergebnissen

4. Rissimulation an einer Traktorfelge

4.1. Ermittlung der Randbedingungen

5. Zusammenfassung und Ausblick

.

A. CT-Probe