



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
تأسیس ۱۳۰۷

مکانیک شکست و خستگی

تألیف و ترجمه:

رحمت الله قاجار

محسن قاجار



شماره ۵۰۴

- سرشناسه: قاجار، رحمت‌الله، ۱۳۳۰ -
عنوان و نام پدیدآور: مکانیک شکست و خستگی / تألیف و ترجمه رحمت‌الله قاجار، محسن قاجار.
وضعیت ویراست: [ویراست ۲]
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری: ل، ۵۵۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ شماره ۵۰۴.
شابک: 978-622-6655-78-1
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: کتاب حاضر برگرفته و ترجمه بخش‌هایی از کتابهای Elementary engineering fracture mechanics تألیف: Broek, David و The mechanics of fracture and fatigue: an introduction تألیف: Parker, A. P است.
یادداشت: کتابنامه.
یادداشت: نمایه.
موضوع: مکانیک شکست اجسام / Fracture mechanics
موضوع: روسازی -- ترک خوردگی / Pavements -- Cracking
موضوع: تغییر شکل (مکانیک) / Deformations (Mechanics)
شناسه افزوده: قاجار، محسن، ۱۳۴۳ -
شناسه افزوده: بروک، دیوید / Broek, David
شناسه افزوده: پارکر، پی / Parker A. P
رده‌بندی کنگره: TA۴۰۹
رده‌بندی دیویی: ۶۲۰/۱۱۲۶
شماره کتابشناسی ملی: ۸۴۸۵۷۲۶

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: مکانیک شکست و خستگی

تألیف و ترجمه: دکتر رحمت‌الله قاجار، مهندس محسن قاجار

ویرایش: دوم

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: مهر ۱۴۰۰

شمارگان: ۵۰۰ جلد

چاپ: شمسه خوش نگار

صحافی: گرنامی

قیمت: ۱۳۷۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی‌عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

فصل ۱ مروری بر تئوری الاستیسیته ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۲-۱ تبدیل تنش ۲

۳-۱ تغییر شکل صفحه‌ای ۳

۴-۱ تابع تنش ایری ۴

۵-۱ توابع تنش مختلط ۵

۶-۱ نگاشت همدیس ۸

۷-۱ نگاشت ورق نامحدود حاوی حفره تحت تنش دوردست ۱۳

فصل ۲ ضرورت مکانیک شکست و چکیده آن ۱۹

۱-۲ مقدمه ۱۹

۲-۲ ترک در سازه ۲۲

۳-۲ تنش در نوک ترک ۲۵

۴-۲ معیار گریفیث ۳۵

۵-۲ معیار باز شدگی ترک ۴۰

۶-۲ انتشار ترک ۴۱

مسائل ۴۸

فصل ۳ مکانیزم شکست و رشد ترک ۵۱

۱-۳ مقدمه ۵۱

۲-۳ شکست ترد (یا شکننده)	۵۹
۳-۳ شکست نرم	۶۴
۴-۳ ترک خوردن در اثر خستگی	۷۴
۵-۳ ترک خوردن به کمک محیط	۸۵
۶-۳ تحلیل واماندگی دستگاه‌ها	۸۸
مسائل	۸۹
فصل ۴ میدان تنش ارتجاعی در نوک ترک	۹۱
۱-۴ تابع تنش ارتجاعی	۹۱
۲-۴ تابع تنش مختلط	۹۳
۳-۴ حل مسأله ترک	۹۷
۴-۴ اثر اندازه‌های محدود	۱۰۴
۵-۴ حالت‌های خاص	۱۰۹
۶-۴ ترک‌های بیضوی	۱۱۳
۷-۴ چند نکته مفید	۱۲۰
۸-۴ معیار نشست قبل از شکست مخازن تحت فشار	۱۲۳
۹-۴ مکانیک شکست مود ترکیبی	۱۲۷
۱۰-۴ جهت ترک در مود ترکیبی	۱۳۲
۱۱-۴ معیار چگالی انرژی کرنشی بحرانی (SEDC) در مود ترکیبی	۱۳۳

پیشگفتار

یکی از مهمترین دست‌آوردهای علم و تکنولوژی، تأمین رفاه و آسایش زندگی بشر می‌باشد. با وجود دستیابی نسبی به این خواسته، متأسفانه وقوع بعضی حوادث ناگوار از جمله شکست پیش‌بینی نشده سازه‌ها که عموماً در اثر پدیده خستگی رخ می‌دهند، این آسایش را به مخاطره انداخته و علاوه بر گرفتن جان انسان‌ها، خسارت مالی فراوانی را موجب شده‌اند.

در بررسی علل شکست، محققین دریافتند که طراحی بسیاری از این سازه‌ها بر مبنای روش‌های مرسوم درست بوده است، اما پس از تحقیقات زیاد به این نتیجه رسیدند که عامل شکست، معایب و به‌خصوص ترک‌های بسیار ریزی بودند که در سازه وجود داشته و یا در حین کار ایجاد شده‌اند. دانش موجود اوایل قرن ۲۰، قادر به تجزیه و تحلیل و کشف علل شکست این سازه‌ها نبوده است. لذا در دهه دوم قرن بیستم، علم جدیدی به نام **مکانیک شکست (Fracture Mechanics)** پایه‌گذاری شد که به تجزیه و تحلیل سازه‌ها بر مبنای وجود عیب و به‌خصوص ترک در آن‌ها می‌پردازد.

علم مکانیک شکست یکی از علوم مهندسی است که پدیده شکست قطعات را تحت بارهای استاتیکی و دینامیکی بررسی می‌کند. بر اساس شناخت دقیق این پدیده است که طراحی ایمن سازه‌ها امکان پذیر می‌باشد. این علم کاربرد گسترده‌ای در صنایع خودروسازی، کشتی‌سازی، نیروگاهی، فضایی، انرژی اتمی، و ... دارد.

کتاب حاضر کوششی است در جهت آشنایی محققین (به ویژه دانشجویان) با مفاهیم، اصول و کاربرد علم مکانیک شکست. اگر چه در ایران تا به حال درس مکانیک شکست بیشتر برای دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترای رشته‌های مهندسی مکانیک، عمران، علم مواد و هوافضا ارائه شده‌است، اما به علت کاربرد روز افزون آن، اخیراً در بعضی از دانشگاه‌های کشور نیز در مقطع کارشناسی به عنوان یک درس تخصصی ارائه می‌گردد.

در سال ۱۳۸۱ هجری شمسی کتابی با عنوان **مقدمه‌ای بر مکانیک شکست شامل ۶ فصل** به همت مؤلف اول و توسط انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی انتشار یافت. در فروردین سال ۱۳۸۸ کتاب **مکانیک شکست و خستگی** توسط همین انتشارات منتشر گردید که دارای ۱۲ فصل و مباحث جدیدی نسبت به کتاب قبلی بود. برای فهم آسان‌تر مطالب تعدادی مثال در فصول مختلف ارائه گردید. این نسخه در سال‌های بعد هم منتشر شد و در

دسترس دانش پژوهان قرار گرفت. تجربه تدریس متوالی کتاب حاضر، لزوم عناوین جدیدی همچون تابع وزن، مدل ناحیه چسبناک، توابع پتانسیل مختلط و نگاشت همدیس را نشان داد. لذا مقرر گردید در ویرایش حاضر این عناوین در کتاب گنجانده شود. لذا یک فصل با عنوان مبانی تئوری الاستیسیته به اول کتاب اضافه و بعضی عناوین در فصول ۴، ۵ و ۱۲ درج شده‌اند. همانند نسخه‌های قبلی کتاب **"Elementary Engineering Fracture Mechanics"** تألیف David Broek به عنوان مبنا و مرجع اصلی قرار گرفت و بیشتر مطالب از این کتاب می‌باشد. سعی شده در مباحث مهم و کاربردی که به نظر مؤلفین کامل نبوده‌اند، مطالب تکمیلی افزوده شود. از آنجا که کتاب فوق‌الذکر فاقد مثال حل شده می‌باشد، مثال‌های متعددی در کتاب حاضر حل شده‌اند. قابل ذکر است که بیشتر مطالب جدید از کتاب **"The Mechanics of Fracture and Fatigue"** تألیف A. P. Parker می‌باشد.

فصل ۱ به مروری به مبانی تئوری الاستیسیته اختصاص دارد. در فصل ۲ ضمن بیان ضرورت مکانیک شکست و آشنایی با مفاهیم کلی آن، خلاصه‌ای از اصول علم مکانیک شکست و بعضاً فصول این کتاب ارائه می‌گردد، به‌طوری که خواننده پس از خواندن این فصل با بیشتر مطالب کتاب آشنایی مختصر پیدا می‌کند. ممکن است که خواننده، مطالب این فصل را خوب درک نکند. لذا توصیه می‌شود افرادی که آشنایی چندانی با مکانیک شکست ندارند، مطالعه را از فصل ۳ و یا حتی از فصل ۴ شروع کنند.

در فصل ۳ مکانیزم شکست و رشد ترک از دیدگاه علم مواد مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصل ۴ که مهم‌ترین فصل کتاب می‌باشد به تعیین معادلات میدان تنش الاستیک در همسایگی ترک‌های راه به در، سطحی (نیم بیضی) و گوشه‌ای (ربع بیضی) بر اساس مکانیک شکست ارتجاعی خطی اختصاص دارد. معیار نشت قبل از شکست، مکانیک شکست مود ترکیبی، معیارهای شکست، پایداری شکست نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. توجه شود که مطالب فصول بعدی بر این فصل استوار است.

در نوک ترک، منطقه پلاستیک وجود دارد، لذا در فصل ۵، مکانیک شکست الاستوپلاستیک، اندازه منطقه پلاستیک با تقریب اول، تقریب دوم و دقیق بر مبنای معیارهای ون‌مایزی و ترسکا مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.