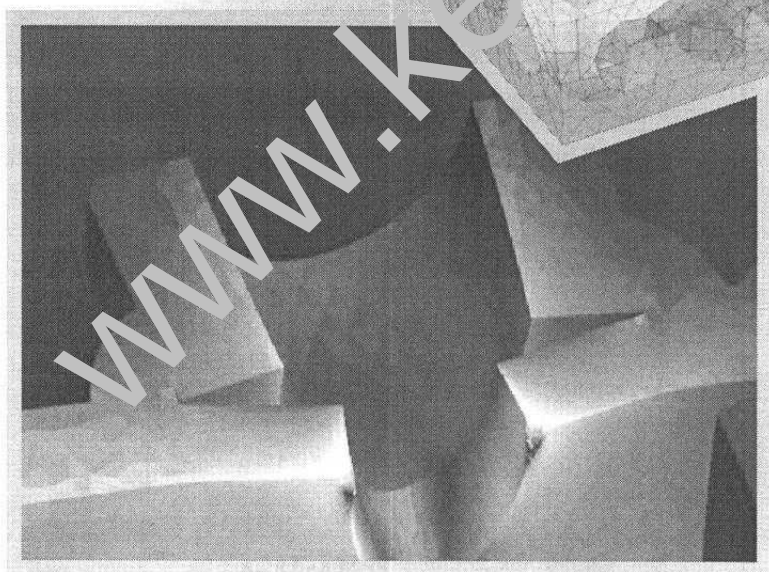


مکانیک شکست

مقدماتی

دکتر غلامرضا راشد
دانشیار دانشگاه صنعت نفت
مهندس سیدحامد غیاثی



این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

سرشناسه	راشد، غلامرضا، ۱۳۴۱-
عنوان و نام پدیدآور	مکانیک شکست مقدماتی / تألیف غلامرضا راشد، سید حامید غیائی.
مشخصات نشر	تهران: نوپردازان، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۱۸۴ص: جدول، نمودار.
شابک	978-964-975-294-5
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	مکانیک شکست اجسام
موضوع	Fracture mechanics
نسخه افزوده	غیائی، سید حامد، ۱۳۴۲-
ردیف کنگره	TA ۴۰۹/۲م۷ ۱۳۹۷:
رده‌بندی دیوید	۶۲۰/۱۱۲۶:
شماره کتاب کاسی مل	۵۲۰۶۹۰۸:



مکانیک شکست مقدماتی

تألیف	دکتر غلامرضا راشد، مهندس سید حامد غیائی
ناشر	نوپردازان
قطع	وزیری
نوبت چاپ	اول
تاریخ چاپ	۱۳۹۷
تیراژ	۵۰۰
صفحات	۱۸۴
شابک	۹۷۰-۹۶۴-۹۷۵-۲۹۴-۵
دفتر انتشارات	تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد غربی، پلاک ۲۱۵
تلفن	۶۶۵۶۸۰۹۶-۸

۲۰۰۰۰ تومان

مرکز پخش کتابیران: تهران، خیابان لبافی‌نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۳۸
تلفن: ۶۶۴۱۴۴۷۴-۶۶۴۱۴۵۱۵-۶۶۴۱۱۱۷۳-۶۶۴۹۴۴۰۹

آغاز سخن

یکی از اهداف اصلی طراحی مهندسی تعیین هندسه و ابعاد اجزای سازه و انتخاب مواد است به صورتی که آن اجزاء (قطعات) سازه را به طرز کارآمد (بهینه)، مطمئن و اقتصادی عمل نمایند. به همین دلیل، نتایج تحلیل تنش با یک معیار واماندگی (شکست) مناسب کوپل شده‌اند. معیارهای واماندگی قدیمی (سنتی) — براساس: حداکثر تنش، حداکثر کرنش و یا حداکثر دانسیته انرژی — نمی‌توانند بسیاری از واماندگی‌های سازه‌ای را که در سطوح تنشی (به‌طور قابل ملاحظه‌ای) پایین‌تر از استحکام نهایی ماده رخ می‌دهد، به‌مورت مناسب و کافی توضیح دهند. از طرف دیگر، آزمایش‌های انجام شده توسط گریفیت بر روی شیشه در سال ۱۹۲۱ نشان داد که استحکام واقعی یک ماده بسیار کوچکتر از (به عنوان نمونه، شیشه) استحکام تئوری آن است.

قوانین مکانیک شکست برای توضیح این پدیده‌ها ایجاد شده‌اند. این قوانین براساس این فرض واقع بینانه بنا شده‌اند که مواد شامل نقص‌هایی مانند ترک هستند که وابستگی از این نقص‌ها آغاز می‌شوند. نقص‌ها در ماده ممکن است ناشی از ترکیب آنها، مثلاً ذرات در دوم در مواد مرکب، ورقه ورقه شدن در کامپوزیت‌ها و غیره باشند. آنها می‌توانند در فرایند ساخت، مثلاً در جوش‌ها، و یا در طول زمان کار یک قطعه مثلاً در اثر خزش یا خستگی در ماده، به وجود آیند. مکانیک شکست توانایی تحمل بار توسط یک سازه در لحظه شروع نقص را بررسی می‌کند. معمولاً فرض می‌شود که یک ترک در ماده وجود دارد.

یک طراحی مطمئن برای سازه در طول دو مسیر پیش می‌رود: یا بار اعمالی مطمئن برای شرایطی که یک ترک در اندازه مشخص در سازه وجود داشته باشد محاسبه می‌شود، یا با داشتن بار اعمالی به سازه، اندازه ترک ایجاد شده تعیین می‌شود.

طراحی به کمک مکانیک شکست نیازمند دانستن پارامتری است که میل یک ترک به رشد را مشخص می‌کند. یک چنین پارامتری باید توانایی مرتبط ساختن نتایج آزمایشگاهی را با عملکرد سازه‌ای داشته باشد؛ به طوری که پاسخ یک سازه با ترک را بتوان براساس نتایج تست‌های آزمایشگاهی پیش‌بینی کرد. این پارامتر به عنوان تابعی از رفتار ماده، اندازه ترک، هندسه سازه و شرایط بارگذاری تعیین می‌شود. از طرف دیگر، مقدار بحرانی این پارامتر، که به نام چقرمگی شکست شناخته می‌شود، یکی از خواص ماده است و از آزمایش‌های آزمایشگاهی (تجربی) تعیین می‌شود. چقرمگی شکست، توانایی مقاومت ماده در برابر شکست در حضور ترک است. با مرتبط کردن این پارامتر با مقدار بحرانی آن، یک رابطه بین بار اعمالی، اندازه ترک و هندسه سازه به دست می‌آید که اطلاعات ضروری برای طراحی سازه را می‌دهد.

مکانیک شکست برای رده‌بندی نمودن توانایی مقاومت ماده در برابر شکست در چارچوب مکانیک شکست به کار می‌رود (همان‌گونه که استحکام نهایی یا تسلیم برای رده‌بندی نمودن مقاومت ماده در برابر شکست یا تسلیم در معیارهای طراحی مرسوم به کار می‌رود). در انتخاب مواد برای کاربردهای سازه‌ای، باید بین موادی با استحکام تسلیم بالا، اما چقرمگی شکست نسبتاً کم، و یا استحکام تسلیم پایین و چقرمگی شکست بالا، انتخاب صورت پذیرد.

کتاب‌های خوب زیادی در خصوص موزن مکانیک شکست نوشته شده است، اما دانشجویان، محققان و مهندسان، همچنان ناتوان از به کار بستن مکانیک شکست در کارهای خود هستند. این موضوع به این دلیل است که شکست به عنوان پدیده‌ای پیچیده با دیدگاه‌ها و نقطه نظرات متضاد شناخته شده است. هدف از این کتاب (اولین کتاب در این سری کتب با عنوان کلی مکانیک شکست)، ایجاد و افزایش اعتماد به نفس مهندسی و مهارت از طریق تمرینات حل شده است. این کتاب شامل حل مثال‌های متعدد بوده که حوزه‌های زیر را در بر می‌گیرند:

- روش وسترگاد برای مسائل ترک
- ضرایب شدت تنش
- مسائل مود ترکیبی ترک
- مسائل الاستیک-پلاستیک ترک

دومین کتاب از سری کتب با این عنوان کلی «مکانیک شکست»، که متعاقباً منتشر خواهد شد شامل:

- تعیین نرخ آزاد شدن انرژی کرنشی
- محاسبه نرمی مسائل ترک
- معیار نرخ انرژی کرنشی آزاد شده بحرانی

- معیار ضریب شدت تنش بحرانی
- تعیین آزمایشگاهی ضریب شدت تنش بحرانی، انتگرال جی و تعیین آزمایشگاهی آن
- معیار جابه جایی باز شونده‌گی نوک ترک
- معیار دانسیته انرژی کرنشی

و سومین کتاب از این سری کتب با عنوان کلی «مکانیک شکست»، که بعداً منتشر خواهد شد

شامل:

- مسائل دینامیک مکانیک شکست
- مسائل رشد ترک به کمک عوامل محیطی
- تعیین فتوالاستیک ضرائب شدت تنش
- رشد ترک از ناخالصی (اجرام) صلب
- طراحی ورق‌ها و میل‌ها در لوله‌های تحت فشار

خواهد بود.

مسائل شامل سه دسته: مقدماتی (برای دانشجویان کارشناسی)، متوسط (برای دانشجویان ارشد و دکتری و مهندسان در حال تعلیم و تدریس) و پیشرفته (برای محققان و مهندسان حرفه‌ای) می‌باشند. در ابتدای هر سؤال یک قسمت به نام اطلاعات مسئله وجود دارد که در آن مبانی تئوری لازم برای حل مسئله به صورت مختصر توضیح داده شده است. پاسخ هر سؤال به مراحل ساده‌ای تقسیم شده است و برای اطلاعات بیشتر در مورد تئوری، در پایان هر سؤال کتب مرجع مربوطه نیز داده شده‌اند. علی‌رغم تمام تلاش در اطمینان از صحت و درستی مطالب و لحاظ محتوایی و شکلی، امکان خطا وجود داشته که امید است خوانندگان بر ما منت نهاده و موافقت و یا تذکر شده تا در چاپ‌های بعدی تصحیح گردد.

نلامرضا راشد

سیدحامد غیاثی

فهرست مطالب

بخش اول تئوری

فصل اول مقدمه

۱-۱	معیارهای مرسوم و اماندگی	۳
۲-۱	مشخصه و اماندگی های بریتل	۶
۳-۱	کار گریفیت	۹
۴-۱	مکانیک شکست	۱۴
۵-۱	مراجع	۲۰

فصل دوم میدان تنش الاستیک خطی در اجسام دارای ترک

۱-۲	مقدمه	۲۳
۲-۲	مودهای تغییر شکل ترک و مفاهیم پایه	۲۴
۳-۲	روش وسترگارد	۲۵
الف.	شرح روش	۲۵
ب.	مسائل ترک	۲۸
۴-۲	تنش منفرد و میدان های جابه جایی	۲۹
الف.	مود بازشوندگی	۳۰
ب.	مود لغزشی	۳۴
ج.	مود پارگی	۳۵

۳۸	۵-۲ راه حل های ضریب شدت تنش
۳۸	۶-۲ ترک های سه بعدی
۴۰	۷-۲ مثال ها
۴۰	مثال ۱-۲
۴۲	مثال ۲-۲
۴۴	مثال ۳-۲
۴۶	مثال ۴-۲
۴۸	مثال ۵-۲
۴۹	۸-۲ ذرات
۵۲	۹-۲ مراجع

فصل سوم میدان تنش الاستیک در جسم ترک دار

۵۳	۱-۳ مقدمه
۵۴	۲-۳ تعیین تقریبی منطقه پلاستیک در ترک
۵۹	۳-۳ مدل ایروین
۶۲	۴-۳ مدل داگدیل
۶۷	۵-۳ مثال ها
۶۷	مثال ۱-۳
۶۷	مثال ۲-۳
۶۹	مثال ۳-۳
۷۰	مثال ۴-۳
۷۲	۶-۳ مراجع

بخش دوم: حل مسائل

الف: مبحث میدان تنش الاستیک خطی

۷۷	مسئله ۱: روش تابع تنش ایری
۸۳	مسئله ۲: روش وسترگارد برای ترکی تحت نیروهای متمرکز
۸۸	مسئله ۳: روش وسترگارد برای یک آزاده تناوبی ترک ها تحت نیروهای متمرکز
۹۱	مسئله ۴: روش وسترگارد برای یک آزاده تناوبی ترک ها تحت نیروی یکنواخت

مسئله ۵:	محاسبه ضریب شدت تنش به روش وسترگارد	۹۴
مسئله ۶:	روش وسترگارد برای یک ترک تحت نیروهای گسترده	۹۹
مسئله ۷:	روش وسترگارد برای ترکی تحت نیروهای متمرکز	۱۰۱
مسئله ۸:	روش وسترگارد برای یک مسئله ترک	۱۰۵
مسئله ۹:	روش وسترگارد برای ترکی تحت نیروهای برشی	۱۰۷
مسئله ۱۰:	محاسبه ضریب شدت تنش به وسیله جمع آثار	۱۰۹
مسئله ۱۱:	محاسبه ضریب شدت تنش به روش انتگرال	۱۱۳
مسئله ۱۲:	ضریب شدت تنش برای یک توزیع تنش گسترده خطی	۱۱۵
مسئله ۱۳:	ضریب شدت تنش مود ترکیبی در پوسته استوانه‌ای	۱۱۸
مسئله ۱۴:	تعیین فتوالاستیک ضریب شدت تنش K_I	۱۲۳
مسئله ۱۵:	تعیین فتوالاستیک ضرایب شدت تنش K_I و K_{II} در مود ترکیبی	۱۲۵
مسئله ۱۶:	کاربرد روش تنش برای تعیین ضریب شدت تنش	۱۲۸

ب: بحث میدان تنش الاستیک-پلاستیک

مسئله ۱۷:	تعیین تقریبی منطقه پلاستیک نوک ترک با بارگذاری مدهای I و II	۱۳۵
مسئله ۱۸:	تعیین تقریبی منطقه پلاستیک نوک ترک برای بارگذاری ترکیبی	۱۳۹
مسئله ۱۹:	تعیین تقریبی منطقه پلاستیک نوک ترک براساس معیار تسلیم ترسکا	۱۴۱
مسئله ۲۰:	تعیین تقریبی منطقه پلاستیک نوک ترک براساس معیار تسلیم فون میسز اصلاح شده فشاری	۱۴۷
مسئله ۲۱:	منطقه پلاستیک نوک ترک براساس مدل ایروین	۱۵۱
مسئله ۲۲:	ضریب شدت تنش مؤثر براساس مدل ایروین	۱۵۳
مسئله ۲۳:	منطقه پلاستیک در نوک ترکی با طول نیم نامحدود براساس مدل داگدیل	۱۵۶
مسئله ۲۴:	منطقه پلاستیک نوک ترک مود III براساس مدل داگدیل	۱۵۹
مسئله ۲۵:	منطقه پلاستیک در نوک ترک سکه‌ای شکل براساس مدل داگدیل	۱۶۳
۱۶۷	منابع و مراجع	
۱۶۹	نمایه	