

# مکانیک شکست کلاسیک

مؤلف:

دکتر رحمن سیفی

علی شیرازی

فرشاد عباسی

www.ketab.ir

|                                                                                             |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| سیفی، رحمن                                                                                  | TA      |
| مکانیک شکست کلاسیک/رحمن سیفی، علی شیرازی، فرشاد عباسی.-                                     | ۴۰۹     |
| همدان: انتشارات دانشگاه بوعلی سینا ۱۳۹۲.                                                    | ۸م ۹س / |
| ۳۳۰ ص: مصور، جدول                                                                           | ۱۳۹۲    |
| شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۱۵۵-۶                                                                     |         |
| ۱. مکانیک شکست اجسام الف. شیرازی، علی نویسنده همکار ب. عباسی، فرشاد، نویسنده همکار ج. عنوان |         |
| ۶۲۰۰/۱۱۲۶                                                                                   |         |

|                |                                         |
|----------------|-----------------------------------------|
| عنوان:         | مکانیک شکست کلاسیک                      |
| مؤلف:          | دکتر رحمن سیفی، علی شیرازی، فرشاد عباسی |
| ناشر:          | مرکز نشر دانشگاه بوعلی سینا             |
| داوران علمی:   | د. غلامحسین مجذوبی                      |
| طراح جلد:      | آر. باقری                               |
| مدیر مرکز نشر: | محمد مهدی رجبی                          |
| چاپخانه:       | چاپخانه                                 |
| صفحه و قطع:    | ۳۳۰ - ویری                              |
| نوبت چاپ:      | اول                                     |
| تیراژ:         | ۱۰۰۰                                    |
| قیمت:          | ۱۲۰۰۰۰ ریال                             |
| تاریخ انتشار:  | ۱۳۹۲                                    |
| شماره کتاب:    | م ۳۲۳                                   |
| شابک:          | ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۸-۱۵۵-۶                       |

#### کلیه حقوق برای انتشارات دانشگاه بوعلی سینا محفوظ است

- مراکز فروش در همدان: ۱. دانشگاه بوعلی سینا، اداره انتشارات: ۸۱۱-۸۱۲۷۱  
 ۲. خیابان شهید حسین فهمیده، روبروی پارک مردم، فروشگاه «داده ای» رات  
 ۳. خیابان مهدیه روبروی خانه معلم - انتشارات دانشجو  
 نمایندگی فروش در تهران: ۱. موسسه کتابیران، میدان انقلاب، خیابان لیاقتی نژاد غربی (بعد از چهارم) (کر جنوبی)،  
 بعد از فروشگاه سیلات، پلاک ۲۳۷ تلفن: ۶۶۹۲۶۹۸۷-۶۶۴۲۳۴۱۶  
 ۲. نوپردازان، میدان انقلاب، خیابان لیاقتی نژاد، بین ۱۲ فروردین و آوردیهشت، پلاک ۲۰۶ تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۱۱۱۷۳

## پیشگفتار

طراحی بر اساس مکانیک شکست قبل از جنگ جهانی دوم عملاً وجود نداشت ولی با شکستهای قابل توجه در مجموعه کشتی های آزادی، این موضوع به جد مورد توجه قرار گرفت. در حال حاضر بسیاری از دانشگاه های صنعتی در جهان، مکانیک شکست را به عنوان یک موضوع درسی در سطح کارشناسی ارشد و دکتری و حتی کارشناسی برای دانشجویان مهندسی مکانیک، عمران، معدن و ... ارائه می کنند. کاربرد مکانیک شکست در صنعت نیز در حال گسترش است. کتب متعددی در زمینه مکانیک شکست وجود دارد که در بسیاری از آنها موارد خاصی مد نظر بوده است. برخی بر رفتار مواد در محل شکست تاکید دارند و بعضی دیگر بیشتر بر ارایه مبانی ریاضی آن پرداخته اند. چند کتاب از جنبه های میکروسکوپی، پدیده شکست را بررسی کرده اند و تعدادی نیز به بررسی مواد خاصی پرداخته اند. کتاب حاضر محدود شده است. در این کتاب سعی شده است از میان مراجع متعدد و در دسترس، کتابهایی را انتخاب کرده و انتخاب شوند که در عین سادگی بتوانند اصول پایه و اساسی مبحث مکانیک شکست را بیان کنند. بر این مبنا کتابها دکتر Gdoutos و دکتر Anderson در نظر گرفته شدند. نه فصل اول از کتاب اول و فصل دوم کتاب دوم انتخاب شده است. در بعضی از قسمتهای کتاب در موارد خاص از سایر مراجع نیز کمک گرفته شده است.

از ناشر محترم (انتشارات دانشگاه بوعلی سینا) و ناشر علمی و ادبی کتاب تشکر و قدردانی می نمایم.

بدیهی است که هر متن علمی کاملاً "عاری از اشکال نیست لذا متعین پذیرای اعلام اشکالات کتاب با امتنان بسیار خواهند بود.

رحمن سیفی

دانشیارمهندسی مکانیک

Email: rseifi@basu.ac.ir, rahmanseifi@yahoo.com

فرشاد عباسی

علی شیرازی

دانشگاه بوعلی سینا

## فهرست مطالب

|     |                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------|
| ۱   | فصل اول : مقدمه                                             |
| ۲   | ۱-۱ : معیار و ناماندگی ستعارف                               |
| ۴   | ۲-۱ : ویژگی های شکست ترد                                    |
| ۶   | ۳-۱ : کار گریفیث                                            |
| ۱۱  | ۴-۱ : مکانیک شکست                                           |
| ۱۶  | فصل دوم : میدان تنش الاستیک خطی در اجسام ترک دار            |
| ۱۷  | ۱-۲ : مقدمه                                                 |
| ۱۷  | ۲-۱ : مودها، تغییر شکل ترک و مفاهیم اصلی                    |
| ۱۹  | ۳-۲ : توزیع تنش در اطراف نوک ترک                            |
| ۲۴  | ۴-۲ : توزیع تنش در کنار و در امتداد جابجایی                 |
| ۲۸  | ۵-۲ : تعیین ضریب تمرکز تنش                                  |
| ۵۲  | پیوست                                                       |
| ۵۵  | فصل سوم : توزیع تنش الاستیک - پلاستیک در اجسام ترک دار      |
| ۵۶  | ۱-۳ : مقدمه                                                 |
| ۵۷  | ۲-۳ : تعیین تقریبی شکل ناحیه پلاستیک نوک ترک                |
| ۶۲  | ۳-۳ : مدل ایروین                                            |
| ۶۴  | ۴-۳ : مدل داگدیل                                            |
| ۷۵  | فصل چهارم : رشد ترک بر اساس تعادل انرژی                     |
| ۷۶  | ۱-۴ : مقدمه                                                 |
| ۷۷  | ۲-۴ : تعادل انرژی در حین رشد ترک                            |
| ۷۷  | ۳-۴ : تئوری گریفیث                                          |
| ۷۹  | ۴-۴ : نمایش گرافیکی معادله تعادل انرژی                      |
| ۸۳  | ۵-۴ : رابطه بین «نرخ آزاد شدن انرژی کرنشی» و «ضریب شدت تنش» |
| ۸۵  | ۶-۴ : روش نرمی                                              |
| ۸۷  | ۷-۴ : پایداری ترک                                           |
| ۱۱۰ | فصل پنجم : معیار شکست ضریب شدت تنش بحرانی                   |
| ۱۱۱ | ۱-۵ : مقدمه                                                 |
| ۱۱۱ | ۲-۵ : معیار شکست                                            |
| ۱۱۲ | ۳-۵ : تغییرات $K_{IC}$ با ضخامت                             |

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۱۶ | روش منحنی مقاومت رشد ترک (منحنی R)                              |
| ۱۲۱ | روش منحنی مقاومت رشد ترک (منحنی R)                              |
| ۱۲۶ | روش منحنی مقاومت رشد ترک (منحنی R)                              |
| ۱۴۱ | پیوست                                                           |
| ۱۴۲ | فصل ششم: معیارهای شکست انتگرال [و بازشدگی دهانه ترک             |
| ۱۴۳ | ۱-۶: مقدمه                                                      |
| ۱۴۳ | ۲-۶: انتگرال‌های مستقل از مسیر                                  |
| ۱۴۳ | ۳-۶: انتگرال - J                                                |
| ۱۴۵ | ۴-۶: رابطه‌ی انتگرال - J و انرژی پتانسیل                        |
| ۱۴۹ | ۵-۶: معیار شکست انتگرال - J                                     |
| ۱۵۰ | ۶-۶: آزمون‌های شکست انتگرال - J                                 |
| ۱۵۸ | ۷-۶: بررسی رشد ترک پایدار با انتگرال - J                        |
| ۱۶۰ | ۸-۶: معیار شکست بازشدگی دهانه ترک (COD)                         |
| ۱۶۴ | ۹-۶: توزیع تنش کرنش در پایه انتگرال J                           |
| ۱۶۶ | ۱۰-۶: تئوری رشد ترک                                             |
| ۱۸۴ | فصل هفتم: معیار شکست دانسیته انرژی کرنشی: رشد ترک در مود ترکیبی |
| ۱۸۵ | ۱-۷: مقدمه                                                      |
| ۱۸۶ | ۲-۷: چگالی انرژی کرنش حجمی                                      |
| ۱۸۹ | ۳-۷: فرضیه‌های پایه‌ای                                          |
| ۱۹۰ | ۴-۷: مسائل ترک در الاستیک خطی دو بعدی                           |
| ۱۹۳ | ۵-۷: رشد تک محوره ترک مایل                                      |
| ۱۹۹ | ۶-۷: شکست نرم                                                   |
| ۲۰۲ | ۷-۷: معیار تنش                                                  |
| ۲۲۷ | فصل هشتم: شکست خستگی                                            |
| ۲۲۸ | ۱-۸: مقدمه                                                      |
| ۲۲۹ | ۲-۸: قوانین رشد ترک خستگی                                       |
| ۲۳۴ | ۳-۸: محاسبات عمر خستگی                                          |
| ۲۳۵ | ۴-۸: بارگذاری با دامنه متغیر                                    |
| ۲۳۹ | ۵-۸: منحنی ایجاد گسیختگی                                        |
| ۲۵۷ | فصل نهم: میکرو مکانیک شکست                                      |

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۲۵۸ | ۱-۹: مقدمه                                 |
| ۲۵۹ | ۲-۹: استحکام چسبندگی مواد                  |
| ۲۶۱ | ۳-۹: شکست کلیواژ                           |
| ۲۶۲ | ۴-۹: شکست مرز-دانه‌ای                      |
| ۲۶۴ | ۵-۹: شکست نرم                              |
| ۲۶۵ | ۶-۹: روشهای تشخیص ترک                      |
| ۲۶۹ | فصل دهم: مکانیک شکست محاسباتی              |
| ۲۷۰ | ۱-۱۰: مقدمه                                |
| ۲۷۰ | ۲-۱۰: نگاهی اجمالی به روش‌های عددی         |
| ۲۷۵ | ۳-۱۰: روش‌های سنتی در مکانیک شکست محاسباتی |
| ۲۸۱ | ۴-۱۰: مسائل و روش‌های انرژی                |
| ۲۸۸ | ۵-۱۰: طراحی شبکه المان                     |
| ۲۹۶ | ۶-۱۰: شبکه‌های در مسائل الاستیک خطی        |
| ۳۰۳ | ۷-۱۰: تحلیل پلاستیک                        |
| ۳۰۵ | پیوست الف: ویژگی‌های المان‌های تک          |