
Mechanical Behavior of Materials

Topic :
Fracture

Esmail Tohidlou

Department of Materials Engineering

University of Sistan and Baluchestan

etohidlou@eng.usb.ac.ir

2019



*Mechanical
Behavior*

**Deformation and
Fracture Mechanics of
Engineering Materials**



Richard W. Hertzberg • Richard P. Vinci • Jason L. Hertzberg

Mechanical Behavior



فهرست مطالب:

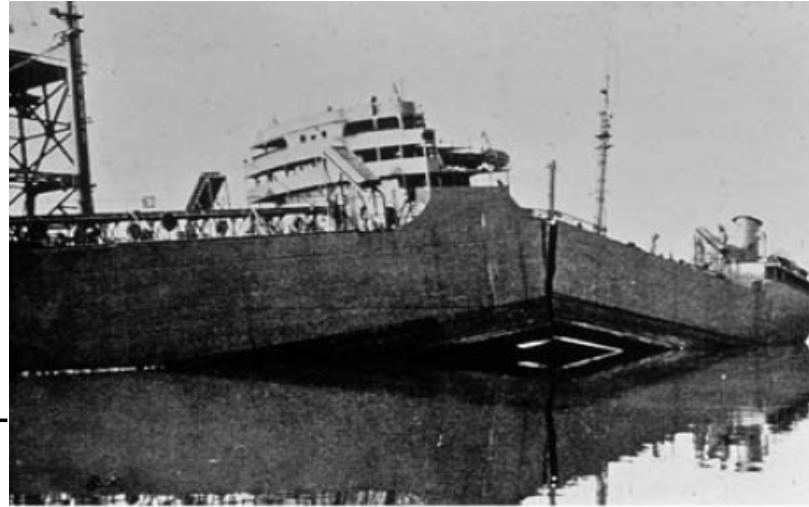
فصل اول : شکست (Fracture)

فصل دوم : خستگی (Fatigue)

فصل سوم : خزش (Creep)

Motivation

- ✓ Brittle failure at low stress in low strength steels
 - WWII era Liberty Ships
 - Welded structures
 - Ductile/Brittle transition temperature too high
- ✓ The occurrence of failure at low stress in high-strength materials spurred Fracture Mechanics further
- ✓ NBS economic study in 1978 estimated the cost of fracture at \$119 Billion in the U.S. (about 4% of the GNP)



Work of Griffith

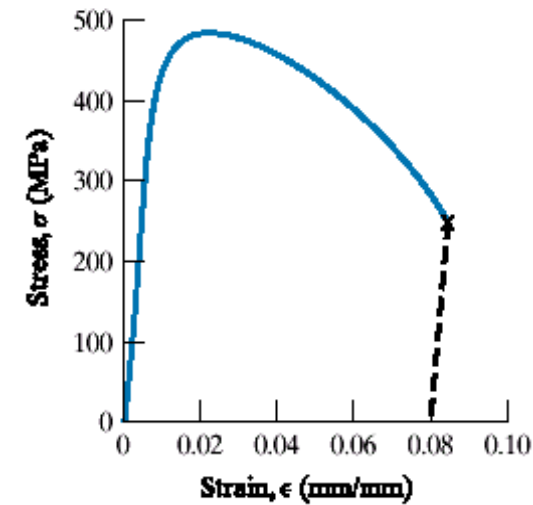
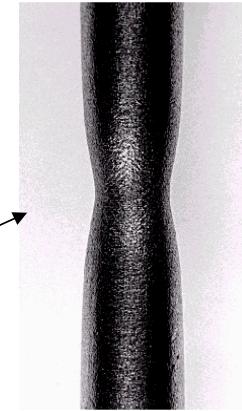
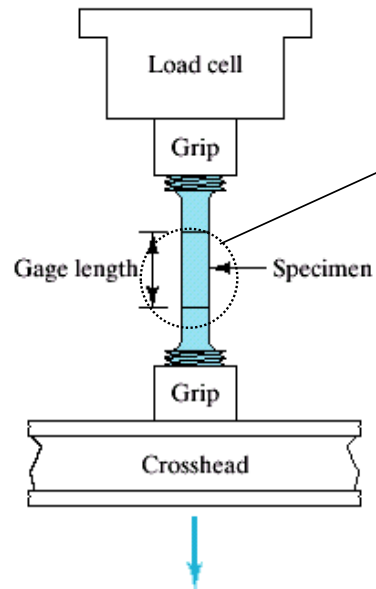
- **A. A. Griffith** started his work in around the 1920s. At this time, it was accepted that the theoretical strength of a material was taken to be $E/10$, where E is Young's Modulus for the particular material. He was only considering elastic, brittle materials, in which no plastic deformation took place. However, it was observed that the true values of critical strength was as much as 1000 times less than this predicted value, and Griffith wished to investigate this discrepancy.
- He discovered that there were many microscopic cracks in every material which were present at all times. He hypothesized that these small cracks actually lowered the overall strength of the material because as a load is applied to these cracks, stress concentration is experienced.



- ✓ First documented paper on fracture (1920)
- ✓ Considered as father of Fracture Mechanics

Mechanical Behavior

How materials **deform** as a function of **applied load** → Testing methods and language for mechanical properties of materials.



آنچه در این فصل می خوانیم:

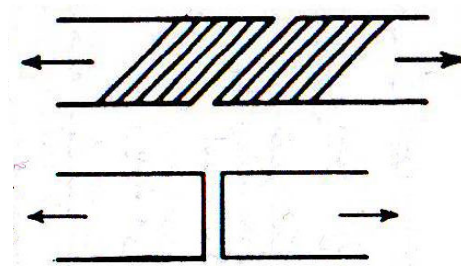
- ۱- کلیات شکست
- ۲- استحکام شکست
- ۳- چقرمگی شکست
- ۴- دمای انتقال نرمی - تردی
- ۵- شکست از دیدگاه ریز ساختاری
- ۶- تردی متالورژیکی

تبدیل شدن یک جزء به دو یا چند جزء دیگر در اثر اعمال بارهای استاتیکی در دماهای کمتر از نصف نقطه ذوب، شکست نامیده می شود .

(همچنین شکست نتیجه نهایی تغییر فرم پلاستیک می باشد).

شکست در اثر پیچش، خستگی، خزش، ضربه، تردی هیدروژنی و... از انواع شکست هایی هستند که با آنها آشنا خواهیم شد .

بررسی انواع شکست از دیدگاه های مختلف :



الف) از دیدگاه کریستالوگرافی :

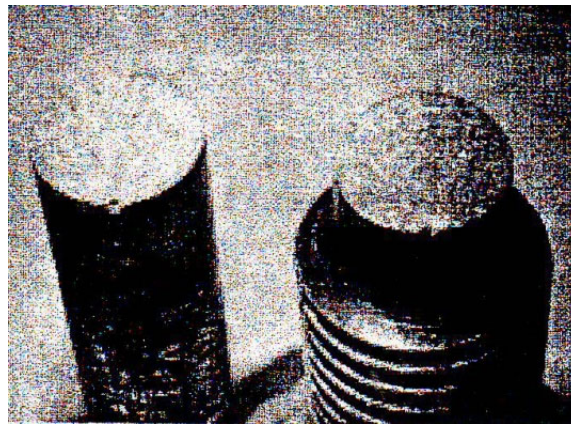
۱- شکست برشی (shear)

۲- شکست تئوری یا کلیواژ (cleavage)

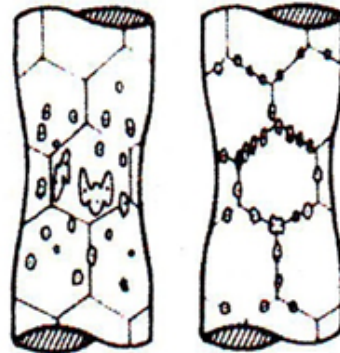
ب) از دیدگاه ظاهر شکست :

۱- شکست الیافی (fibrous)

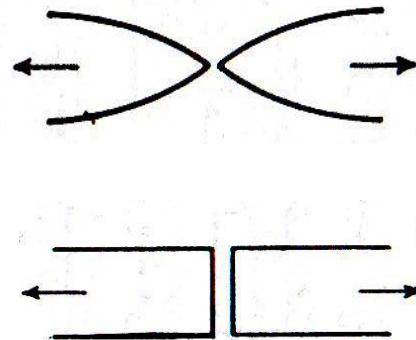
۲- شکست دانه ای (granular)



Mechanical Behavior



جوانه‌زنی و رشد حفره
مرزدانه‌ای درون‌دانه‌ای



(ج) از دیدگاه متالوگرافی :

۱- درون دانه ای (Inter-granular)

۲- مرز دانه ای (Trans-granular)

(د) از دیدگاه کرنش تا نقطه شکست :

۱- شکست نرم (ductile)

۲- شکست ترد (brittle)

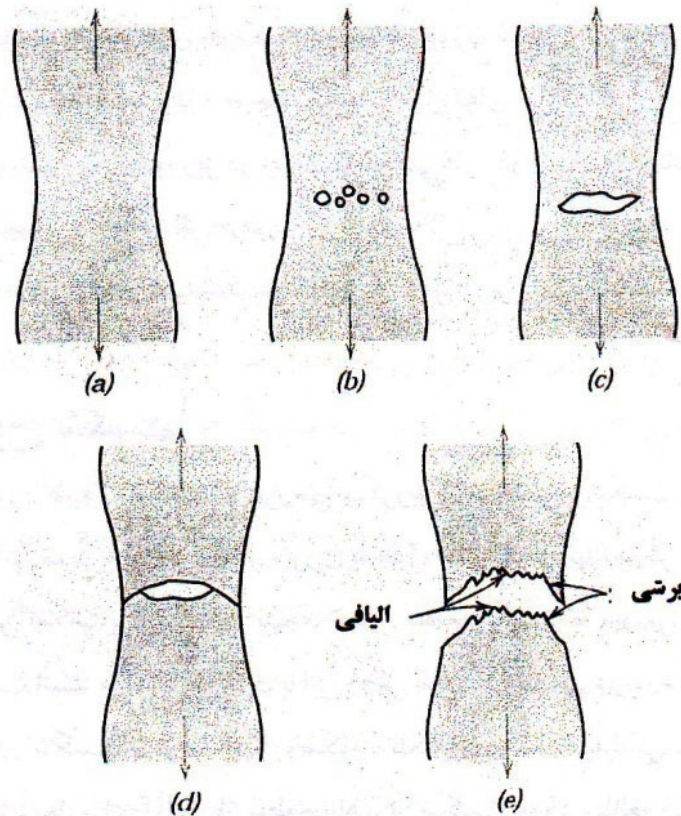
Mechanical Behavior

شکست نرم و شکست ترد:

1- شکست نرم	2- شکست ترد
مقدار قابل ملاحظه اي تغيير فرم پلاستيك دارد	تغيير فرم قابل ملاحظه اي ندارد
اتمها به اندازه مضرب صحيح فاصله اتمي حرکت مي کنند	اتمها به اندازه کسري از فاصله اتمي حرکت مي کنند
عامل شکست حرکت نابجاييهاست	عامل شکست جدایش يا از هم گسيختگي اتمهاست
از نوع شکست برشي است	از نوع شکست تئوري است
سطح شکست تيره است(شکست اليافي)	سطح شکست روشن است(شکست دانه اي)
سرعت رشد ترک کم است	سرعت رشد ترک زياد است
در اثر جوانه زني و رشد ترک مي باشد	در اثر جوانه زني و رشد ترک مي باشد
مي توان از شکست جلوگيري کرد	قابل پيش بيني نيست(همراه با صدا و خسارت زياد)
نمي توان سطوح شکست را بر هم منطبق کرد	سطوح شکست را مي توان بر هم منطبق کرد و جسم اوليه را ساخت

مکانیزم جوانه زنی و رشد ترک در شکست نرم (Ductile) :

بطور کلی شکست با جوانه زنی و رشد ترک شروع می شود که در شکست ductile پس از جوانه زنی رشد ترک شروع می شود که در این مرحله جسم مقدار قابل ملاحظه ای تغییر فرم پلاستیک می دهد و این تغییر فرم زمان بر و قابل مشاهده است، بنابراین می توان از آن جلوگیری کرد اما سطوح شکست را دیگر نمی توان بر هم منطبق کرد و نمونه اولیه را ساخت. پس این نوع شکست در صورت بازرسی منظم قابل پیشگیری است .



شکست Ductile در چند مرحله اتفاق می افتد :

(a) در اثر اعمال تنش سطح مقطع در یک سری نقاط تغییر فرم پلاستیک می دهد. در صورتیکه نمونه دارای ناخالصی یا حفره نباشد تغییر فرم پلاستیک یا گلوئی شدن در مرکز نمونه اتفاق می افتد اما ناخالصی ها می توانند محل تغییر پلاستیک را تغییر دهند

(b) در اثر ادامه اعمال نیرو در منطقه گلوئی شدن تخلخل های ریز بوجود می آیند.

(c) این تخلخل ها بهم می پیوندند و تشکیل ترک می دهند بطوریکه شکل این ترک ها بصورت بیضی (سهمی) شکل بوده و قطر بزرگ آن عمود بر جهت اعمال نیرو است

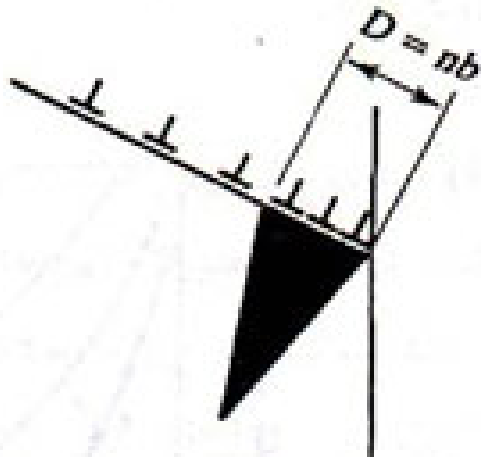
(d) با ادامه اعمال تنش این ترک ها در جهت قطر بزرگ رشد میکنند تا سطح مقطع به مرحله ای می رسد که دیگر تحمل تنش های اعمالی را ندارد .

(e) شکست در اثر تنش برشی روی صفحاتی که با محور اعمال نیرو زاویه ۴۵ درجه می سازند اتفاق می افتد.

مکانیزم جوانه زنی در شکست ترد :

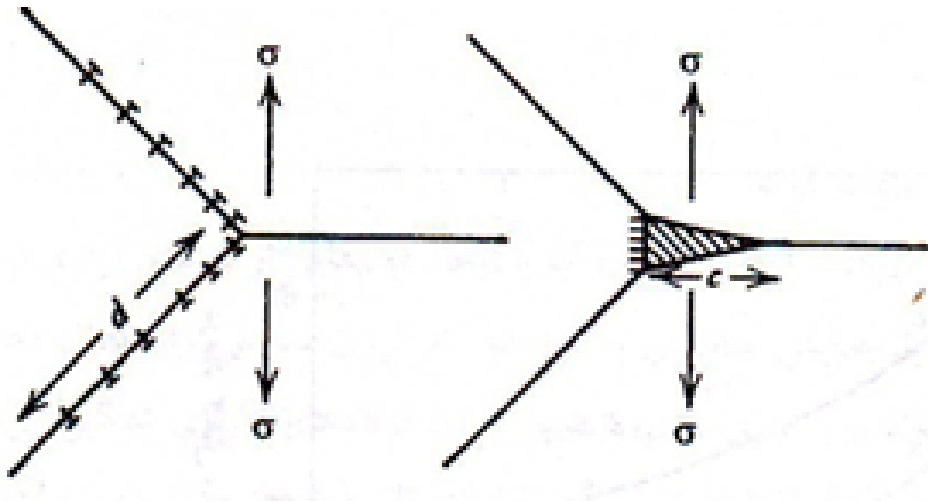
الف) مکانیزم زنر (zener):

در اثر اعمال تنش برشی منبعی مانند نقطه \odot شروع به تولید نابجایی ها بر روی یک صفحه می کند که این نابجایی ها بر روی صفحه حرکت می کنند تا به یک مانع مانند مرز دانه برخورد می کند که در اثر تجمع این نابجایی ها نیروهای زیادی به مرز اعمال می شود در صورتی که این نیرو به استحکام تئوری برسد باعث شکستن پیوند اتم ها شده و ترک جوانه زنی می کند .



(ب) مکانیزم کاترل (Cottrell) :

در ساختارهای BCC این مکانیزم یکی از روشهای جوانه زنی ترک می باشد بطوریکه نابجاییها مطابق شکل زیر بر روی صفحات در جهت فشرده حرکت می کنند در محل برخورد این دو صفحه نابجاییها با هم واکنش داده و یک نابجایی جدید تولید می شود که دیگر بردار برگرز آن بر روی این صفحات قرار ندارد بنابراین برای حرکت نیاز به عمل صعود دارد چون صعود در دماهای بالا صورت می گیرد بنابراین تحت شرایط آزمایش صعود صورت نگرفته و ترک های بسیار ریز در محل برخورد دو صفحه تشکیل می شود



فاکتورهای موثر بر نوع شکست :

۱- نوع ماده : هر چه تعداد سیستم لغزش بیشتر و تنش اعمالی کمتر باشد تغییر فرم پلاستیک بیشتر و شکست داکتیل است .

۲- دما : در دماهای بالا تغییر فرم پلاستیک بیشتر و شکست داکتیل است.

۳- نرخ کرنش : هر چه نرخ کرنش بیشتر باشد شکست ترد خواهد بود. نرخ کرنش \approx دمای پایین \leftarrow تعداد سیستم لغزش کمتر

۴- نیروی اعمالی : هر چه تعداد و جهات نیروی اعمالی بیشتر باشد شکست تردتر خواهد بود.

۵- سرعت بارگذاری : هر چه سرعت بارگذاری بیشتر شود شکست تردتر خواهد بود .

۶- وجود شیار، حفره و ترک باعث تردی می شوند .

سطح مقطع شکست : معمولا 4 نوع سطح مقطع شکست در مواد مختلف مشاهده می شود:

1- سطوح ناشی از شکست عمود بر جهت اعمال نیرو هستند

2- سطوح ناشی از شکست با محور اعمال نیرو زوایای خاص می سازند و در اثر تنش های برشی این سطوح شکست ایجاد می شوند که مانند حالت قبل جسم تغییر فرم پلاستیک قابل ملاحظه ای نمی دهد. (شکست در اثر برش ← حفرات کشیده در سطح مقطع شکست)

3- شکست در یک لحظه اتفاق می افتد که در این حالت سطح مقطع 100% تغییر فرم پلاستیک می دهد.

4- جسم مقداری تغییر فرم پلاستیک می دهد و سطح مقطع کمتر می شود تا جایی که دیگر تحمل تنش های اعمالی را ندارد و در نتیجه در بعضی از سطوح تنش های برشی فعال شده و لغزش صورت می گیرد و شکست نهایی صورت می گیرد. در اکثر فلزات سطح شکست این گونه است و به سطح مقطع مخروط فنجانی معروف است.

