خزش

Creep

خزش

خزش: تغییر شکل پلاستیک تدریجی ماده در دمای بالا تحت تنش ثابت یا نیرو ثابت

۱- در تمام دماها می تواند اتفاق افتد اما اهمیت

$T_{service} > 0.5\ T_m$

۲- در خزش تنش اعمالی

- $\sigma < \sigma_Y \longrightarrow$ Plastic deformation

- اگر تغییر شکل دمای محیط را با خزش مقایسه کنیم

- T_{room} , $\sigma > \sigma_y$ ⟶ plastic def.

- At creep $(T_{high}, \sigma < \sigma_y)$

تغییر شکل پلاستیک داریم و با گذشت زمان مقدار تغییر شکل افزایش می یابد. پس خزش تغییر شکل تدریجی و به زمان وابسته

3

خزش از ۱۹۵۰ مورد مطالعه قرار گرفت

- به عنوان مثال در نیروگاه های برق ، پالایشگاه، پتروشیمی، هوا فضا ..... خزش دیده می شود . مثلا قطعات زیر در دمای سرویس تحت خزش اند

- توربین بخار، دمای سرویس 1000 °F (540 °C)
- توربین گاز، دمای سرویس 1500 °F
- موتور موشک ها و دماغه موشک های نظامی ، دما 1800 °F

4

مشکلات دمای بالا

در دمای بالا به دلایل زیر افت استحکام داریم

۱- نفوذ جدی تر
۲- افزایش حرکت نابجایی مانند صعود
۳- افزایش تعداد جای خالی
۴- تغییر سیستم های لغزشی یا افزایش تعداد آنها
۵- تغییر شکل در مرز دانه ها
۶- تغییرات ساختاری : مانند تبلور مجدد ، درشت شدن دانه

5

مطالعه خزش

۲ روش وجود دارد

- ۱- آزمایش خزش (Creep test)

قطعه نمی شکند ، زمان 2000-10,000 h

نمودار کرنش- زمان (ε - t) رسم می شود

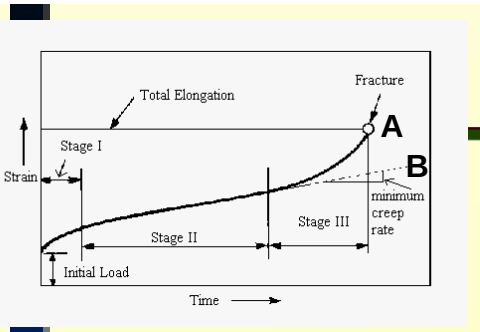
- ۲- آزمایش تنش- گسیختگی (Stress- rupture test)

تنش اعمالی بیشتر، قطعه می شکند ، حداکثر زمان 1000 h،

نمودار تنش- عمر قطعه (stress - $t_{rupture}$) رسم می شود

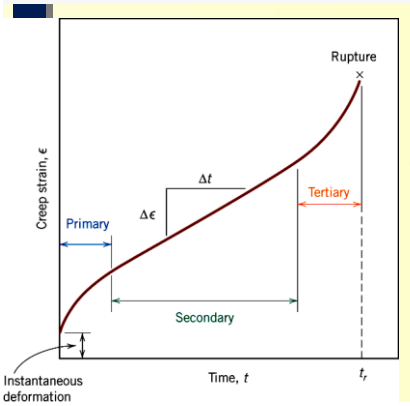
6

آزمایش خزش



به ۲ روش امکان پذیر

- الف- نیرو ثابت (نمودار A)
- ب- تنش ثابت (نمودار B)



هدف: تعیین نرخ خزش در منطقه دوم یا پایدار ($\dot{\varepsilon}_{ss}$)

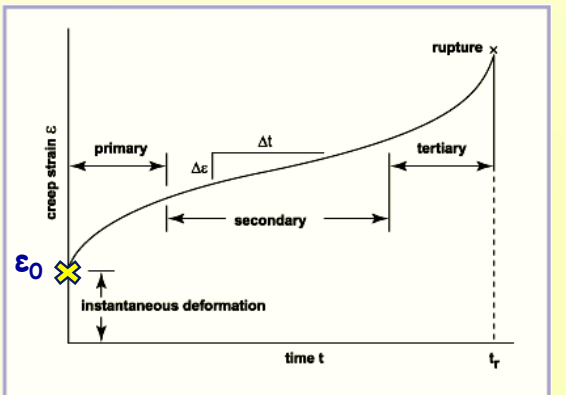
* نرخ یا سرعت خزش $\dot{\varepsilon} = d\varepsilon/dt$

- الف- نیرو ثابت (نمودار A) : متداول تر، کاربرد صنعتی
- ب- تنش ثابت (نمودار B) : برای تحقیق در خزش

مناطق منحنی خزش

برای حالت نیرو ثابت ، ۳ ناحیه دیده می شود

(برای حالت تنش ثابت نمودار ناحیه سوم ندارد مگر تغییرات متالورژیکی رخ دهد)



9

- ۱- خزش اولیه یا انتقالی (منطقه I)

(Primary/ transient creep)

- ۲- خزش ثانویه یا پایدار (منطقه II)

(Secondary/ steady-state creep)

- ۳- خزش مرحله سوم (منطقه III)

(Tertiary creep)

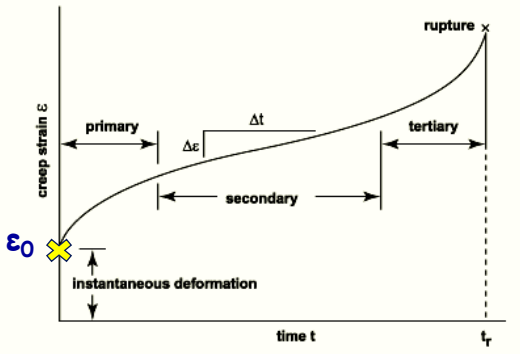
10

نمودار A و B از ε_0 شروع می شود که به آن کرنش لحظه ای گویند

- کرنش لحظه ای (ε_0 , Instantaneous strain)

عمدتا کشسان، می تواند قسمتی ناکشسان (Anelastic) یا پلاستیک

(ناکشسان: تغییر شکل الاستیک گذشت زمان صفر می شود



- در منطقه I، سرعت خزش (شیب نمودار) با زمان کاهش
- در منطقه II، سرعت خزش با زمان تقریبا ثابت یا تغییر جزیی
- در منطقه III، سرعت خزش با زمان افزایش تا شکست

برای توجیه این رفتارها باید به مکانیزم های حاکم توجه کرد

12

مکانیزم های حاکم

- در I به دلیل قفل شدن نابجایی ها سخت شدن اتفاق می افتد و چون زمان این ناحیه کم است امکان نفوذ و نرم شدن وجود ندارد
- در II تعادل سخت شدن- نرم شدن داریم. نرم شدن به دلایل زیر

الف- صعود نابجایی لبه ایی و لغزش متقاطع نابجایی پیچی

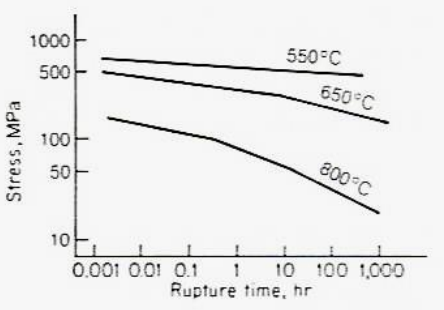
ب- لغزش مرزدانه

ج- نفوذ جای خالی از یک طرف به طرف دیگر (معروف به خزش نفوذی Nabarro-herring

- در III سرعت خزش تا شکست افزایش می یابد (پدیده نرم

آزمایش تنش- گسیختگی

- هدف تعیین عمر قطعه ($T_{rupture}$)
- برای موشکها استفاده می شود
- تغییر شیب نمودار به دلیل تغییرات متالورژیکی (مانند تبلور مجدد ، درشت شدن دانه .....)



جمع بندی

- برای قطعات با عمر خزشی طولانی مانند توربین ها ، مخازن، ..... باید آزمایش خزش اجرا شود و نرخ خزش در ناحیه پایدار ملاک طراحی

- برای قطعات با عمر خزشی کوتاه مانند موشکها باید آزمایش تنش- گسیختگی انجام شود و عمر قطعه ملاک طراحی