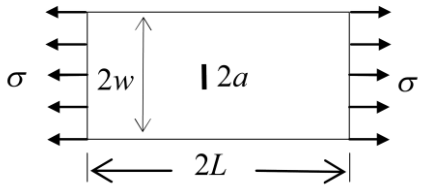
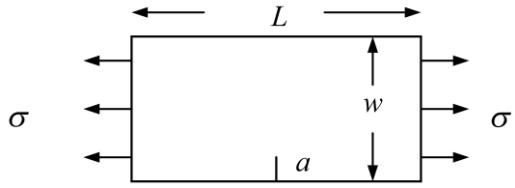
مسائل تمرینی مکانیک شکست پلاستیک

۱- ورق فولادی فرضی شامل ترک مرکزی به طول ۱۱۴ میلی‌متر با تنش ۲۷۶ مگاپاسکال و در درجه‌حرارت هوای اتاق بارگذاری شده است. انتگرال J و مشتق آن نسبت به طول ترک را تعیین کنید. نامساوی $T_J < T_R$ به چه معنی است؟ فرض کنید شرایط کرنش صفحه‌ای برقرار بوده و فولاد ضدزنگ از رابطه‌ی رامبرگ - اسگود با ثابت‌های n مساوی ۵/۴۲ و α' مساوی ۱/۶۹ تبعیت می‌کند. نتایج را بر اساس اثر کرنش سختی توصیف نمایید. مدول الاستیک ۲۰۶/۸۵۰ گیگاپاسکال، تنش تسلیم ۲۰۷ مگاپاسکال، نسبت پواسون ۰/۳ و J_{IC} برابر ۱۳۰ کیلوژول بر متر مربع می‌باشد. w مساوی $4a$ و برابر ۲۲۸ میلی‌متر و طول ورق $2w$ است.



۲-منحنی داده‌های تنش و کرنش تک محوره داده شده برای فولاد ASTM A533B در دمای ۹۳ درجه‌ی را ترسیم کنید. تحلیل رگرسیون را بر اساس معادله‌ی رامبرگ-اسگود انجام دهید. ورق با ترک لبه‌ای تنها از این فولاد ساخته شده و تحت تنش ۵۰۰ مگاپاسکال بارگذاری شده است. آیا رشد ترک پایدار اتفاق می‌افتد؟ چرا؟ فرض کنید که شرایط کرنش صفحه‌ای برقرار بوده و فرضیات لازم را در نظر بگیرید. طول ترک ۱۰۰ میلی‌متر، نسبت پواسون ۰/۳، مدول الاستیک ۲۰۷ گیگاپاسکال می‌باشد. w مساوی ۴۰۰ میلی‌متر، J_{IC} برابر ۱/۲۰ مگاپاسکال متر، h_1 برابر ۰/۵۲۳، B مساوی ۱۵۰ میلی‌متر و $L=3w$ می‌باشد.

کرنش (ضرب در ۰/۰۰۱)	۰	۱	۲/۲۴	۲/۳۰	۲/۳۵	۵	۷/۵	۱۰	۲۰	۴۰
تنش (مگاپاسکال	۰	۳۸۱	۴۱۴	۴۱۵	۴۱۶	۴۵۰	۴۶۹	۴۸۳	۵۱۹	۵۵۷



۳-مساله‌ی قبل را با استفاده از معادله‌ی هالومن $\sigma = K\varepsilon^n$ برای ناحیه‌ی پلاستیک تکرار کنید. ثابت‌های معادله را می‌توان با استفاده از داده‌های تجربی داده شده در مساله‌ی قبل به دست آورد. فرض کنید که شرایط کرنش صفحه‌ای برقرار و فرضیات لازم را در نظر بگیرید. نتایج را با مساله‌ی قبل مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای از مقایسه‌ی این دو معادله حاصل می‌شود؟

۴-یک ورق فولادی دارای ترک لبه‌ای تنها (شکل مساله‌ی قبل) تحت بارگذاری قرار گرفته است. الف) جابجایی خط نیرو را محاسبه نمایید. ب) جابجایی بازشدگی ترک را که متناظر با یک نقطه بر روی منحنی مقاومت می‌باشد، محاسبه نمایید. فرض کنید که شرایط کرنش صفحه‌ای برقرار بوده و از داده‌های زیر برای حل مساله استفاده نمایید.

$$v = 0.3,\ h_1 = 0.523,\ h_2 = 1.93,\ h_3 = 3.42,\ B = 0.15\ m,\ w = 0.40\ m,\ L = 1.2\ m \text{ and } a = 0.1\ m.$$
$$J_{IC} = 1.20\ kJ/m^2,\ \sigma = 500\ MPa \text{ and } E = 206{,}850\ MPa$$

۵-نمای کرنش سختی n را برای فولادی با تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال و مدول الاستیک ۲۰۷ گیگاپاسکال تعیین کنید. فرض کنید که ماده از معادله‌ی هالومن $\sigma = K\varepsilon^n$ تبعیت می‌کند. حداکثر تنش پلاستیک را در محاسبات در نظر بگیرید.

۶- با استفاده از مدل رایس، نسبت انتگرال J را به فرم $\frac{J_P}{J_e} = f(\sigma/\sigma_0)$ به دست آورید. نمودار رابطه‌ی حاصل را برای آزمایش تنش دور σ/σ_0 بین صفر و یک رسم نموده و روی نمودار بحث کنید. در اینجا σ_0 همان تنش تسلیم ماده است.

۷- انتگرال J کل را برای ورق ساخته شده از آلومینیوم آلیاژی ۲۰۲۴ شامل یک ترک لبه‌ای تنها تحت شرایط تنش صفحه‌ای محاسبه نمایید. تنش و اتنگرال J مود اول را به صورت تابعی از تنش ترسیم کنید. از داده‌های زیر برای محاسبات استفاده نمایید.

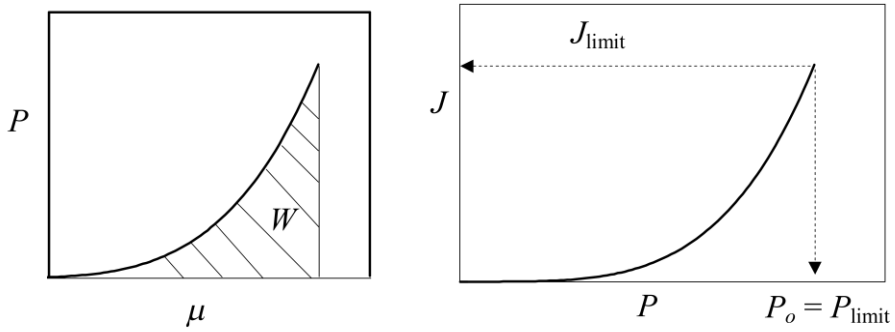
$a = 1.40$ mm, $w = 19$ mm, $B = 0.8$ mm, $L = 10$ cm, $\sigma_o = 64\ MPa$,

$E = 72{,}300\ MPa$, $\alpha' = 0.35$, $n = 5$ and $F = 1.01\ kN$.

۸-انتگرال-J پلاستیک (J_P) را برای بعضی پیکربندی‌های تعریف شده توسط $J = \eta \frac{W}{Bb}$ که در آن W انرژی جذب شده می‌باشد، Bb مساحت مقطع عرضی و b=w-a بخش بدون ترک و η یک ثابت است، محاسبه نمایید. این انتگرال را می‌توان به دو بخش الاستیک و پلاستیک تقسیم نمود. برای کشش خالص رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$J = J_e + J_p = \frac{K_I^2}{E'} + \frac{\eta_p W_p}{Bb}$$

فرض کنید که ماده قابلیت کرنش سختی را دارد و نمونه‌ای با ضخامت B در نظر بگیرید. اگر بار پلاستیک به صورت $P = C\mu_p^n$ باشد که در آن C نرمی و n نمای کرنش سختی است. نمودارهای بار-جابجایی و انتگرال J بر حسب نیرو به صورت زیر داده شده-اند. عبارتی برای η_p استخراج نمایید.



۹-یک نمونه برای اندازه‌گیری چقرمگی بحرانی ماده تحت آزمایش قرار می‌گیرد. متاسفانه دستگاه ثبت کننده در طول آزمایش دچار مشکل شده و کسی متوجه آن نشده است، بنابراین مقدار بار ثبت نشده است. درست پیش از خرابی تخمین زده شده است که اندازه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک در پیشانی نوک ترک حدود ۰/۲ اینچ است. اگر تنش تسلیم برابر ۵۰ کیلوپوند بر اینچ مربع باشد، یک تخمین برای چقرمگی بر اساس مدل داگدایل ارائه نمایید.

۱۰-انتگرال جی را برای نمونه‌ی خمش سه نقطه‌ای دارای شکاف عمیق بر حسب مساحت زیر نمودار CMOD-بار محاسبه نمایید. با رابطه‌ی مرتبط با منحنی نیرو و تغییرمکان شروع کرده و فرض کنید که چرخش حول ناحیه‌ی پلاستیک رخ می‌دهد. برای ضخامت واحد نمونه انتگرال جی به فرم زیر خواهد بود.

$$J = \frac{K^2}{E'} + \frac{2}{b}\int_0^{\Delta_P} P d\Delta_P$$