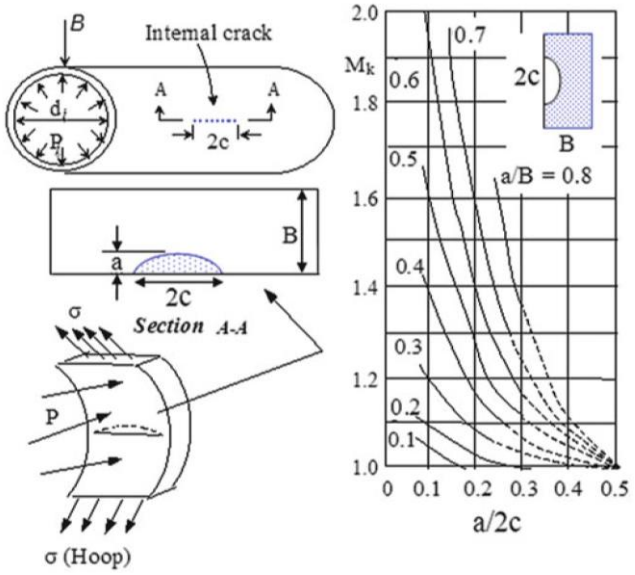
مسائل تمرینی پلاستیسیته‌ی نوک ترک

۱- در نامساوی $K_{IC} \geq K_I$ به عنوان معیار ناپایداری ترک، K_I به عنوان عبارت تصحیح شده‌ی منطقه‌ی پلاستیک ایروین برای یک اندازه‌ی محدود است. با استفاده از نامساوی مشخص کنید، آیا مخزن تحت فشار فولادی با تنش غشایی ۲۰۰ مگاپاسکال به انفجار حساس است؟ مخزن دارای یک ترک مدور داخلی عمود بر تنش غشایی است. اگر مشخصات فولاد چقرمگی شکست برابر ۶۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم، تنش تسلیم ۷۰۰ مگاپاسکال و اندازه‌ی ترک ۲۰ میلی‌متر باشد، الف) شرط ضخامت استاندارد *ASTM E399* و حداقل ضخامتی که مانع انفجار می‌شود را تعیین کنید. ب) آیا انتشار ترک در تنش ۲۰۰ مگاپاسکال اتفاق می‌افتد؟ ج) تابع $B = f\left(\frac{\sigma}{\sigma_{ys}}\right)$ را برای طول ترک‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌متر ترسیم کنید. د) اگر طول ترک ۳۰ میلی‌متر باشد، آیا مخزن منفجر می‌شود؟ دلیل خود را توضیح دهید. ذ) چه زمانی مخزن منفجر می‌شود؟

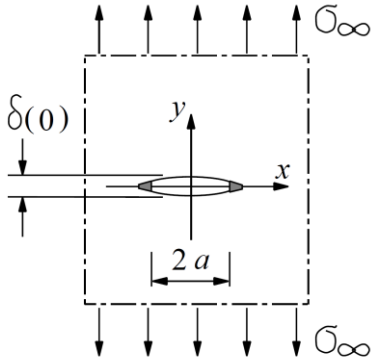
۲-برای یک مخزن تحت فشار دارای یک ترک نیم‌بیضوی مطابق شکل تنش غشایی ۴۲۰ مگاپاسکال را تحمل می‌کند، تنش تسلیم ۹۰۰ مگاپاسکال و چقرمگی شکست برابر ۶۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم می‌باشد. ابعاد ترک a مساوی ۳ میلی‌متر و $2c$ برابر ۱۰ میلی‌متر و ضخامت مخزن نیز ۶ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس دو مدل ایروین و داگدال، الف) اندازه‌ی منطقه‌ی پلاستیک را محاسبه کنید. ب) ضریب تصحیح اندازه‌ی محدود کوبایاشی و ضریب تصحیح پلاستیک را تعیین کنید. ج) نتایج را مقایسه و درصد خطا را نسبت به یکدیگر تعیین کنید. د) آیا لازم است ضریب تصحیح پلاستیک منظور شود؟ توضیح دهید.



۳-یک مخزن تحت فشار با ضامت جداره‌ی ۵۰ میلی‌متر قرار است تنش غشایی ۳۰۰ مگاپاسکال را در دمای محیط و در نبود عوامل خورنده تحمل نماید. فرض کنید که یک ترک نیم‌بیضوی مطابق شکل مساله‌ی قبل با محور بزرگ $2c$ برابر ۴۰ میلی‌متر و نصف محور کوچک a مساوی ۱۰ میلی‌متر، احتمال دارد در سطح داخلی مخزن رشد نماید. فولاد 300-M که معمولاً برای دنده‌ی فرود هواپیما استفاده می‌شود، قرار است بررسی گردد. آیا ترک در تنش غشایی ۳۰۰ مگاپاسکال انتشار می‌یابد؟ قابل ذکر است که تصحیح منطقه‌ی پلاستیک ایروین بایستی در محاسبت منظور شود. آیا لازم است چنین تصحیحی اعمال شود؟ با توجه به اطلاعات زیر، فولاد بازپخت شده‌ی مناسب را انتخاب کنید. تنش تسلیم برای ۶۰۰ و ۳۰۰ درجه‌ی پخت به ترتیب ۱۰۷۰ و ۱۷۴۰ مگاپاسکال است. چقرمگی شکست نیز برای این دو درجه حرارت پخت به ترتیب ۱۵۲ و ۶۵ مگاپاسکال در متر به توان نیم می‌باشد.

۴-در جریان آزمایش کشش یک ورق با ترک مرکزی بازشدگی ترک $\delta(0)$ به عنوان تابعی از بار ثبت گردید. منحنی ثبت شده از خط مستقیم منحرف گردید. انحراف از خط مستقیم بخشی توسط حضور ناحیه‌ی پلاستیک نوک ترک و بخشی از آن توسط رشد ترک در جریان بارگذاری توصیف می‌شود. الف) چه مقدار انحراف بزرگ از خطی بودن به واسطه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک در نوک ترک اتفاق می‌افتد؟ تنش دور دست σ_∞ نصف تنش تسلیم لحاظ گردد. ب) انحراف از خطی بودن منحنی ثبت شده ۳۰ درصد ظاهر شده است. انتشار ترک را در جریان بارگذاری محاسبه نمایید. (فرض کنید که تقارن حفظ شود، برای نمونه دو نوک ترک به طور یکسان از دو طرف حرکت می‌کنند.) ماده به فرم الاستیک خطی، پلاستیک به طور ایده‌ال با مقاومت تسلیم σ_y می‌باشد. تنش صفحه‌ای در دسترس است، طوری که مدل داگدال مورد استفاده قرار می‌گیرد. جابجایی بازشدگی ترک (COD) برابر است با:

$$\frac{\delta(0)}{a}=\frac{8\sigma_0}{E\sqrt{\pi a}}\,ln\left(\frac{1+sin\left(\frac{\pi\sigma_\infty}{2\sigma_y}\right)}{cos\left(\frac{\pi\sigma_\infty}{2\sigma_y}\right)}\right)$$ و اگر $\sigma_\infty \ll \sigma_y$، $\frac{\delta(0)}{a}=\frac{4K_I}{E\sqrt{\pi a}}\{1+\frac{\pi^2}{24}\left(\frac{K_I}{\sqrt{\pi a}\sigma_y}\right)^2+\cdots.\}$



۵-یک ورق ترد بزرگ شامل ترک مرکزی به طول ۴ میلی‌متر در معرض تنش کششی ۸۰۰ مگاپاسکال قرار گرفته است. ماده دارای تنش تسلیم ۱۲۰۰ مگاپاسکال و چقرمگی شکست ۸۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم و نسبت پواسون ۰/۳ می‌باشد. الف) فاکتور شدت تنش مود اول را محاسبه نمایید. ب) اندازه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک را با استفاده از معیار تسلیم ون مایسز محاسبه نموده و نشان دهید که شعاع حداکثر می‌شود هنگامی که $\theta=\theta_0$. تمام محاسبات را با در نظرگرفتن شرایط تنش و کرنش صفحه‌ای انجام دهید. ج) کانتور کل ناحیه‌ی پلاستیک را که در آن نوک ترک مبدا مختصات می‌باشد، ترسیم نمایید.

۶-الف) اگر قرار باشد پلاستیسیته‌ی موضعی بررسی شود، مفهوم فیزیکی نامساوی $\frac{\pi a\sigma^2}{E}>\delta_t\sigma_{ys}$ را شرح دهید. ب) نشان دهید $r=\frac{\delta_t}{2\pi\sigma_{ys}}$ که در آن r اندازه‌ی منطقه‌ی پلاستیک به خاطر شبکه‌های نابجایی درون منطقه‌ی پلاستیک جلوی نوک ترک است. ج) نشان دهید که $\frac{\delta_t}{\varepsilon_{ys}}=(\frac{K_I}{\sigma_{ys}})^{\wedge}2$ است و تفسیر منطقی این رابطه را بیان کنید. د) نشان دهید برای شرایط تنش صفحه‌ای $\delta\cong\sqrt{1+\left(\frac{E}{8a\sigma}\right)^2.\delta_t^2}$ است. برای مقادیر مختلف تنش و مقدار ثابت a نمودار $\delta=f(\delta_t)$ را رسم کنید.

۷-فرض کنید که ماده‌ی جامد ایزوتروپیک دارای یک ترک لبه‌ای در معرض تنش کششی در دور دست در درجه حرارت اتاق قرار دارد. خواص ماده به ترتیب تنش تسلیم ۵۰۰ مگاپاسکال، نسبت پواسون ۰/۳۳۳ و مدول الاستیک ۷۲ گیگاپاسکال هستند. فرض کنید که فاکتور شدت تنش مد اول بارگذاری برابر ۲۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم باشد. بجز جزئیات عیوب میکروساختار و میکرو

مقیاس، با استفاده از معیار تسلیم ترسکا مطلوب است: الف) عبارتی برای زاویه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک بحرانی (θ_c) و اندازه‌ی آن هنگامی‌که تنش‌های اصلی حداقل مساوی هستند. ($\sigma_2 = \sigma_3$) ب) اندازه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک در θ_c و K_I مساوی ۲۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم. معیار تسلیم ترسکا بر اساس رسیدن بیشینه تنش برشی به سطح بحرانی یا شکست می‌باشد. بنابراین تعریف تنش برشی حداکثر برای این معیار به فرم $\tau_{max} = 0.5(\sigma_{max} - \sigma_{min}) = 0.5\sigma_{ys}$ است که در آن $\sigma_{max}, \sigma_{min}$ تنش-های اصلی و σ_{ys} مقاومت تسلیم کششی یکنواخت هستند. فرض کنید $\sigma_{max} = \sigma_1$، $\sigma_{min} = \sigma_2$ و $\sigma_{min} = \sigma_3$.

۸-یک ورق فولادی نرم را شامل ترک مرکزی راه به‌در که در معرض تنش کششی دور دست ۴۰ مگاپاسکال قرار دارد، در نظر بگیرید. اگر مقاومت تسلیم فولاد ۳۰۰ مگاپاسکال باشد، فاکتور شدت تنش مود اول را با استفاده از مکانیک شکست الاستیک خطی، تقریب ایروین و معیار تسلیم نوار داگدال محاسبه نمایید. نتایج را با هم مقایسه کنید. تمام محاسبات را برای تنش اعمالی ۲۹۰ مگاپاسکال تکرار کنید.

۹-اگر چقرمگی شکست کرنش صفحه‌ای (K_{IC}) و مقاومت تسلیم (σ_{ys}) نمونه‌ی فولادی C(T) به ضخامت ۱۲ میلی‌متر به ترتیب ۷۱ مگاپاسکال در متر به توان نیم و ۱۸۹۶ مگاپاسکال باشند، مطلوبست: الف) صحت سنجی آزمایش کشش مکانیک شکست با استفاده از استاندارد ASTM E399 برای ورقی با ترک لبه‌ای تنها به طول ۱۰ میلی‌متر در شکست، ب) تنش شکست، اگر ورق دارای پهنای ۲۰ میلی‌متر باشد، ج) جابجایی بازشدگی نوک ترک بحرانی، د) اندازه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک و تفسیر نتایج با توجه به شرط کرنش صفحه‌ای. فرض کنید مدول الاستیسیته برابر ۲۰۷ گیگاپاسکال بوده و نسبت پواسون ۰/۳۳۳ می‌باشد.

۱۰-یک ورق بزرگ فرضی شامل ترک مرکزی به پهنای ۳۰ میلی‌متر و ضخامت ۵ میلی‌متر در نظر بگیرید و به صورت مکانیکی تحت کشش قرار دارد. ورق دارای مدول الاستیک ۶۹ گیگاپاسکال و تنش تسلیم ۵۰۰ مگاپاسکال و نسبت پواسون ۰/۳۳۳ و کرنش ۰/۳ درصد (کرنش تنش صفحه‌ای) می‌باشد. مطلوبست: الف) δ_t ، ب) مدول G، ج) تنش با استفاده از مدل‌های ایروین، داگدال، بردکین، رایس و معادلات میانگین و نتایج را با هم مقایسه نمایید.