

## مسائل تمرینی مکانیک شکست الاستیک خطی

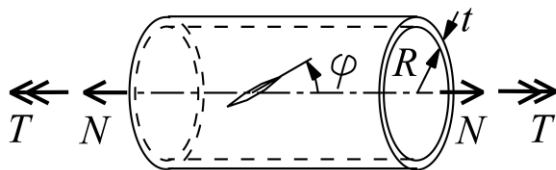
۱- یک مخزن تحت فشار قرار است بر اساس معیار نشت قبل از شکست بر حسب تنش محیطی دیواره و چقرمگی شکست کرنش صفحه‌ای طراحی شود. تنش طراحی توسط استحکام تسلیم  $\sigma_{ys}$  و ضریب اطمینان SF محدود می‌شود. الف) رابطه‌ی طول ترک بحرانی را به دست آورید. ب) رابطه‌ی حداکثر فشار مجاز را وقتی که اندازه‌ی ترک برابر ضخامت مخزن است، تعیین کنید.

۲- یک ترک سکه‌ای خیلی تیز با قطر ۲۲ میلی‌متر، درون یک جسم جامد به شدت ترد کاملاً محصور شده است. فرض کنید که شکست فاجعه آمیز زمانی رخ می‌دهد که تنش ۶۰۰ مگاپاسکال اعمال می‌شود. الف) چقرمگی شکست این جسم را تعیین کنید. (فرض کنید که این چقرمگی شکست برای شرایط کرنش صفحه‌ای است، ب) آیا از قسمت الف، عدد حاصل طبق استاندارد ASTM E399 قابل قبول است؟ از تنش تسلیم ۱۳۴۲ مگاپاسکال استفاده کنید. ج) ضخامت ورق چقدر بایستی باشد تا آزمایش چقرمگی شکست معتبر باشد؟

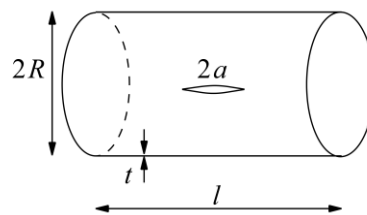
۳- یک سیم فولادی گیتاری دارای ترک محیطی مینیاتوری به عمق  $0/009$  میلی‌متر است و بیانگر آن است که نسبت شعاعی  $d/D$  تقریباً برابر واحد است. همچنین یک سیم دیگر، دارای ترک سطحی مینیاتوری موضعی (شبه ترک لبه‌ای) به عمق  $0/009$  میلی‌متر است. فرض کنید، هر دو سیم یکسان و دارای قطر خارجی  $0/28$  میلی‌متر باشند، اگر زمان کوک کردن ساز، نیروی ۴۹ نیوتن به سیم وارد شود، آیا سیم می‌شکند؟ تنش تسلیم را ۱۳۴۲ مگاپاسکال و فاکتور شدت تنش بحرانی را ۱۵ مگاپاسکال در متر به توان نیم لحاظ نمایید.

۴- یک استوانه‌ی مدور جدار نازک شامل یک ترک در نظر بگیرید. صفحه‌ی ترک نسبت به محور طولی مطابق شکل زاویه‌ی معینی ساخته است. استوانه توسط نیروی محوری و کوپل پیچشی بارگذاری شده است. رابطه‌ی بین نیروی محوری، کوپل پیچشی و زاویه‌ی ترک را تعیین کنید، طوری که ترک تنها در مود اول و تنها در مود دوم بارگذاری شود. فرض کنید که شعاع استوانه در مقابل ضخامت آن خیلی بزرگ‌تر باشد. در هنگام تعیین فاکتور شدت تنش از انحنای استوانه صرف‌نظر نمایید.

۵- در یک مخزن تحت فشار جدار نازک استوانه‌ای، ترک طولی راه به راه در به طول  $2a$  مساوی  $300$  میلی‌متر وجود دارد. در تخمین فاکتور شدت تنش، انحنای دیواره‌ی مخزن تحت فشار در نظر گرفته نشده است. فاکتور شدت تنش مود اول سپس برای ترک در صفحه تعیین گردید، ورق بزرگ نامحدود، و دریافت می‌شود که همچنین فاکتور شدت تنش تعیین شده مساوی نصف چقرمگی شکست ماده می‌باشد. آیا تحلیل مورد استفاده دارای دقت خوبی است و مخزن تحت فشار بدون خطر می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد؟ مخزن از فولاد ساخته شده و تحت فشار داخلی  $p$  قرار دارد. شرایط برای مکانیک شکست الاستیک خطی کاملاً رضایت‌بخش فرض می‌شوند. شعاع داخلی مخزن  $40$  سانتی‌متر، طول کلی مخزن  $5$  متر و طول ترک  $30$  سانتی‌متر و ضخامت جداره نیز  $15$  میلی‌متر می‌باشد.



شکل مساله‌ی ۴



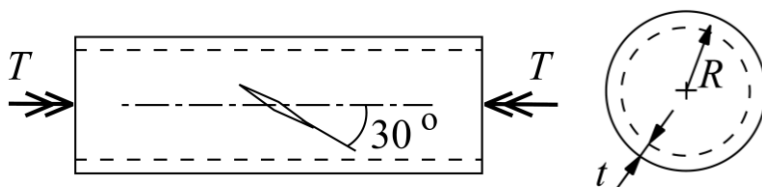
شکل مساله‌ی ۵

۶- یک استوانه‌ی مدور جدار نازک شامل ترکی با زاویه‌ی ۳۰ درجه نسبت محور طولی استوانه مطابق شکل در نظر بگیرید. تعیین کنید که در چه گشتاوری ترک رشد خواهد نمود. در این حالت انحنا‌ی دیواره جهت تخمین فاکتور شدت تنش ناچیز فرض می‌شود. یعنی شعاع استوانه در مقابل ضخامت جداره بزرگ‌تر لحاظ می‌شود. فاکتور شدت تنش معادل بر حسب هر سه مود برابر است با:

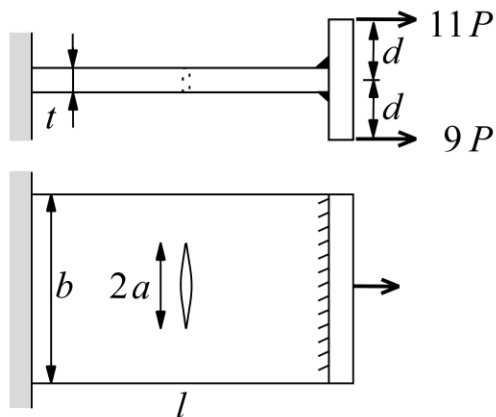
$$K_e^2 = K_I^2 + K_{II}^2 + \frac{4}{\kappa+1} K_{III}^2$$

شعاع استوانه را ۲۰ سانتی‌متر، نصف طول ترک و ضخامت دیواره را ۵ میلی‌متر در نظر بگیرید. تنش تسلیم ۱۲۰۰ مگاپاسکال و چقرمگی شکست نیز ۵۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم هستند. برای ترک کوچک در یک ورق بزرگ، فاکتور شدت تنش در مود

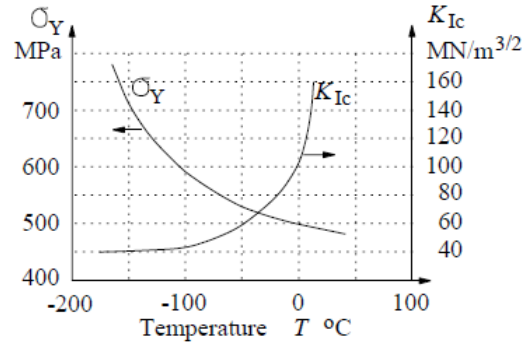
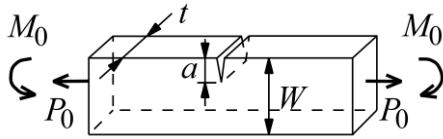
$$K_{II} = \tau_{xy} \sqrt{\pi a} g, \quad g = 1$$



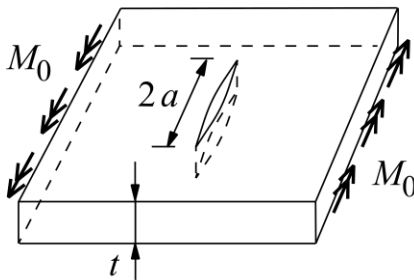
۷- یک تیر یک سرگیردار شامل یک ترک راه به در می‌باشد. تیر توسط یک سیستم نیرویی 9P و 11P مطابق شکل بارگذاری شده است. تعیین کنید در چه مقدار از نیروی اعمال شده شکست پیش‌بینی می‌گردد. نصف طول ترک را ۲۰ میلی‌متر در نظر بگیرید. ضخامت تیر (ورق) ۳۰ میلی‌متر، مقاومت تسلیم ۶۰۰ مگاپاسکال و چقرمگی شکست ۵۰ مگاپاسکال در متر به توان نیم می‌باشد.



۸- یک ترک لبه‌ای در یک تیر طویل در بازرسی مشاهده شده است. با در نظر گرفتن چقرمگی شکست و مقاومت تسلیم به فرم  $K_{IC}$  و  $\sigma_{yc}$  بوده و وابسته به درجه حرارت مطابق نمودار نشان داده شده هستند. الف) در کدام محدوده‌ی درجه حرارت، مکانیک شکست الاستیک خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ب) برای حد بالایی این محدوده‌ی درجه حرارت، چه بارگذاری‌های محوری و خمشی پیش‌بینی می‌شود. نصف طول ترک ۱۰ سانتی‌متر، ارتفاع تیر ۵۰ سانتی‌متر و پهنای تیر نیز ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد.



۹- یک ترک سرتاسری (راه به‌در) به طول  $2a$  در یک ورق بزرگ مشاهده شده است. ورق مطابق شکل در معرض گشتاور خمشی  $M_0$  بر واحد طول قرار گرفته است. حداکثر مقدار گشتاور اعمالی را برای این که شکست اتفاق بیافتد، تعیین کنید. داده‌های مساله نصف طول ترک  $20$  میلی‌متر، ضخامت ورق  $30$  میلی‌متر، مقاومت تسلیم  $1300$  مگاپاسکال و چقرمگی شکست  $110$  مگاپاسکال در متر به توان نیم هستند.



۱۰- مساله‌ای کاربردی را در نظر بگیرید که ترکیبی از مقاومت مصالح و مکانیک شکست است. فولاد AISI4340 (تنش تسلیم  $1476$  مگاپاسکال و چقرمگی شکست  $81$  مگاپاسکال در متر به توان نیم) برای طراحی مخزن استوانه‌ای تحت فشار با قطرهای داخلی و خارجی  $6/35$  متر و  $12/07$  متر مورد استفاده قرار گرفته است. تنش‌گذاری از  $80$  درصد مقاومت تسلیم نمی‌تواند فراتر رود. الف) آیا سازه مخزن جدار نازک است یا لوله‌ی جدار ضخیم؟ ب) فشار داخلی چقدر است؟ ج) فرض کنید که ترک سطحی نیم‌بیضوی داخلی با ابعاد  $a$  و  $2c$  به ترتیب مساوی  $2$  میلی‌متر و  $6$  میلی‌متر وجود دارد، آیا واماندگی اتفاق می‌افتد؟ د) آیا این فولاد را می‌توان برای مخزن تحت فشار توصیه نمود؟ چرا؟ اگر توصیه نمی‌شود، دلیل خود را بیان کنید. ذ) حداکثر طول ترک را برای فولاد مورد استفاده به‌دست آورید.

