آرم دانشگاه

عنوان پروژه:

مقایسه حل‌های تحلیلی و عددی ضریب شدت تنش حول نوک ترک در صفحه‌ی دارای ترک لبه‌ای مورب تحت بار دو محوره با استفاده از روش‌های مستقیم و انتگرال J با در نظر گرفتن رشد ترک

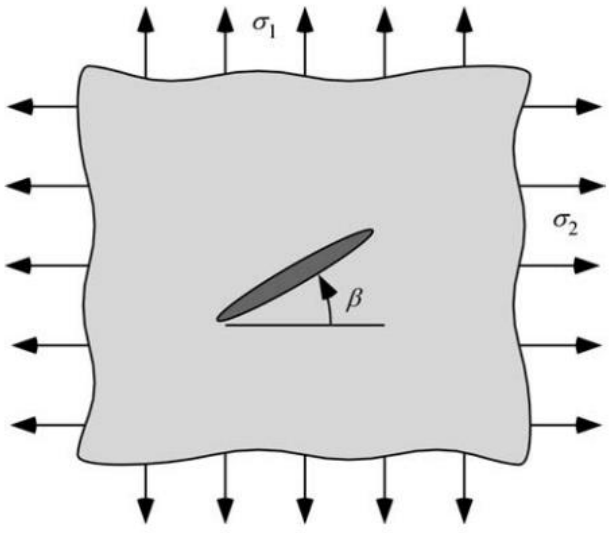
استاد:

دانشجو:

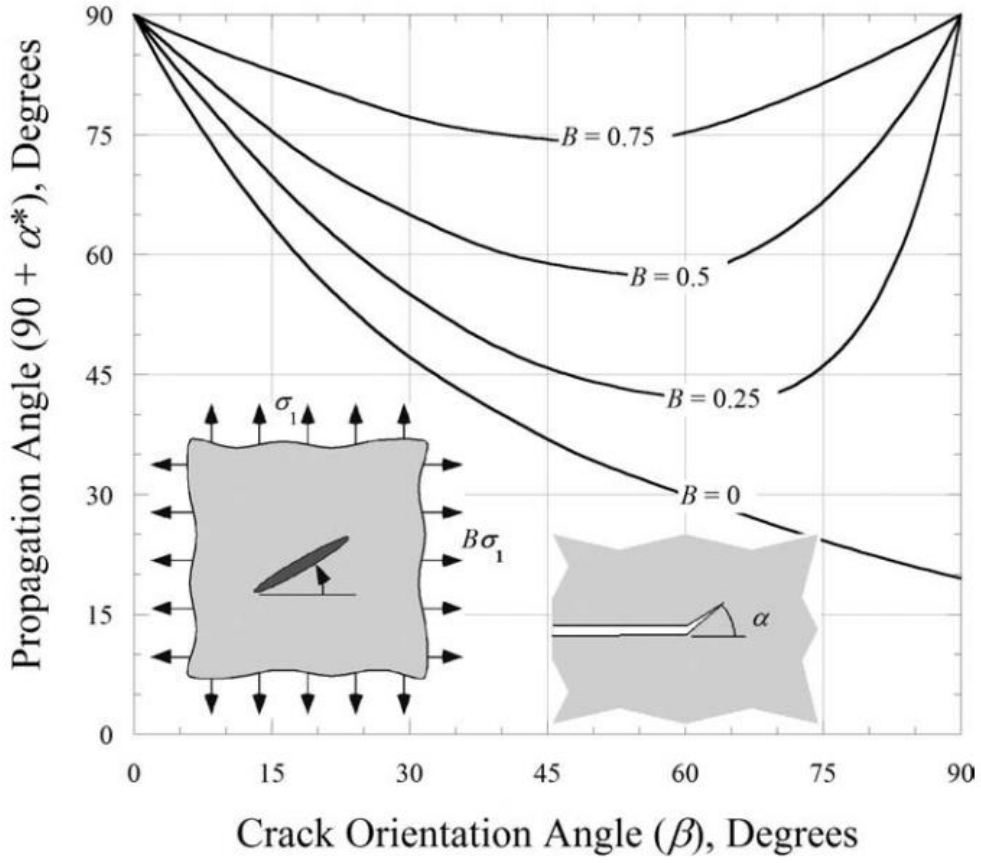
صورت مسئله: بدست آوردن ضرایب شدت تنش مود ترکیبی (K_I و K_{II}) در یک صفحه‌ی فولادی دارای ترک لبه‌ای مورب با استفاده از روش‌های مستقیم (معیار ماکزیمم تنش محیطی یا MTS) و انتگرال J با احتساب رشد ترک.

تحلیل‌ها با نرم افزار آباکوس نسخه 6.14 انجام شده است. حالت تنش دو محوره در شکل (۱) نشان داده شده است. ابعاد صفحه به صورت مربعی با طول ضلع ($W = 100\ mm = 0.1\ m$) در نظر گرفته است. همچنین سه طول ترک با ابعاد ($a = 10, 15, 20\ mm$) مد نظر می‌باشد که در زاویه ۴۵ درجه مدل‌سازی شده‌اند. ضخامت صفحه فولادی $t = 2\ mm = 0.002\ m$ می‌باشد. مشخصات صفحه فولادی به صورت مدول یانگ $E = 200000\ MPa$ و نسبت پواسون $\nu = 0.3$ می‌باشد. لازم به ذکر است واحد تنش و مدول یانگ در نرم افزار آباکوس به صورت MPa، واحد طول به صورت mm و واحد نیرو به صورت N فرض شده است. در نتیجه واحد خروجی ضریب شدت تنش به صورت $MPa\sqrt{mm}$ و واحد انتگرال J که در ناحیه الاستیک خطی (LEFM) معادل G (نرخ رهایش انرژی کرنشی) می‌باشد، $\frac{N}{mm}$ می‌باشد.

در حل تحلیلی از روابط کتاب مکانیک شکست اندرسون (Anderson)، ویرایش سوم استفاده شده است. با توجه به شکل ۲ و زاویه جهت‌گیری ترک، نسبت $B = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 0.25$ انتخاب شده است، چون با توجه به شکل (۲)، در چنین نسبتی و نیز با توجه به زاویه اولیه ترک (۴۵ درجه)، زاویه جهت رشد ترک (Kinked crack angle) نیز تقریباً ۴۵ درجه خواهد بود. لازم به ذکر است $\sigma_1 = \frac{P_1}{Wt}$ و $\sigma_2 = \frac{P_2}{Wt}$. P_1 نیروی وارد در صفحه تنش σ_1 و ضلع بالایی ورق و P_2 نیروی وارد در صفحه تنش σ_2 و ضلع سمت راستی ورق می‌باشد.



شکل ۱: صفحه‌ی ترک تحت تأثیر حالت تنش دو محوره



شکل ۲: زاویه رشد ترک بهینه به عنوان تابعی از زاویه اولیه ترک (β) و دو محوره بودن تنش

ماکزیمم ضریب شدت تنش موضعی و نرخ رهایش انرژی در زاویه رشد ترک بهینه α^* رخ می‌دهد که بستگی به نسبت دو محوره بودن دارد. اعمال اصل جمع آثار (Superposition) در ناحیه LEFM منجر به عبارت‌های زیر به ازای K_I و K_{II} می‌شود:

$$K_I = K_{I(0)}(cos^2\beta + Bsin^2\beta) \quad (1)$$

$$K_{II} = K_{I(0)}(sin\beta cos\beta)(1 - B) \quad (2)$$

$K_{I(0)}$ ضریب شدت مود I در زاویه ترک صفر درجه ($\beta = 0$) می‌باشد، لازم به ذکر است در زاویه ترک صفر درجه، صرفاً σ_1 ایجاد ضریب شدت تنش K_I مثبت می‌کند و σ_2 ایجاد مود I منفی می‌کند و ترک را می‌بندند. $K_{I(0)}$ از حل K_I برای نمونه‌های تست رایج (نمونه SENT یا Single Edge Notched Tension) با توجه به شکل (۳) به صورت زیر بدست می‌آید:

$$K_I = \frac{P}{t\sqrt{W}} * \frac{\sqrt{2tan\left(\frac{\pi a}{2W}\right)}}{cos\left(\frac{\pi a}{2W}\right)}\left\{0.752 + 2.02\left(\frac{a}{W}\right) + 0.37(1 - sin\frac{\pi a}{2W})^3\right\} \quad (3)$$

P نیروی وارد شده در صفحه تنش σ_1 می‌باشد که بر ضلع بالایی ورق فولادی اعمال می‌شود.