



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی و علم مواد

آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد

آزمایش شماره 10 :

آزمایش شکست

نگارش :

پیام مرادی بانیارانی

98107728

گروه :

دوشنبه ساعت 13:30 تا 16:30

اساتید :

دکتر سیامک سراج زاده

مهندس جعفر مهدی اخگر

تاریخ انجام آزمایش :

1401/03/09

عنوان ۸ آزمایش سلسیت

قبل از نشان داده شد کنٹس هندوستی تئوری (theoretical cohesive stress) خلی بیستراز کنٹس سلسیت صفاتی نشده برای ظواهر می باشد. این مطلب برو لرد به وجود نقص های ایجاد شده برای این اعماقی به کنٹس هندوستی تئوری لقود در نتیجه قطعه شکسته اطف آخراً می شود. نشان داده شده صیلیو ترک های توانند در سیم های صیلیو ترکی تو سط مقاومت های مختلف شکل پذیرند و حامی بحرانی مجموعاً کنٹس لازم برای رسیدن صیلیو ترک ها شکست کامل نی باشد. لولن دیگاه تئوری لی موفق برای این مسئلہ تئوری سلسیت ترد که یافته بود (Griffith) تئوری گل یافته تو سط او را وان اصلاح شد که در آن فلانک در سلسیت ترد هم دارای مقادیری تغییر فرم بلایاستیک هست طبق این دیگاه کنٹس لازم برای سلسیت به صورت زیر است.

$$\sigma_f = \left(\frac{E G_c}{\alpha} \right)^{1/2} \quad (10.1)$$

در رابطه فوق E صریع یا نک و G_c کاربلایاستیک لازم برای گسترش ترک دیوار به طول ترک . 2a

معارفه (10.1) تو سط اریون (Irwin) اصلاح شده در آن بجای استفاده از G_c که صاب کردن آن طریق میگذرد است از پارامتر های استفاده کرد که به طور مستقیم قابل اندازه گیری هست

$$G_c = \left(\frac{E G_c}{\pi a} \right)^{1/2} \quad (10.2)$$

که در این رابطه G_c بربطی سطوبه مقادیر بحرانی یوکی گسترش ترک (crack extension force)

$$G_c = \frac{\pi a \sigma^2}{E} \quad (10.3)$$

یوکی گسترش ترک واحد اینچ جوند بر اینچ بربع را در اینست $\frac{J}{m^2}$ و $J = \left(\frac{in \cdot lb}{in^2} \right)$

G_c همین‌ها تو اند به صورت نزدیکی اینزی لرنی (strain-energy release rate) (strain-energy release rate) دعی نزدیکی اینزی از کنٹس ایستیک ساختار ترک تا فرآند غیر ایستیک رسیدن ترک

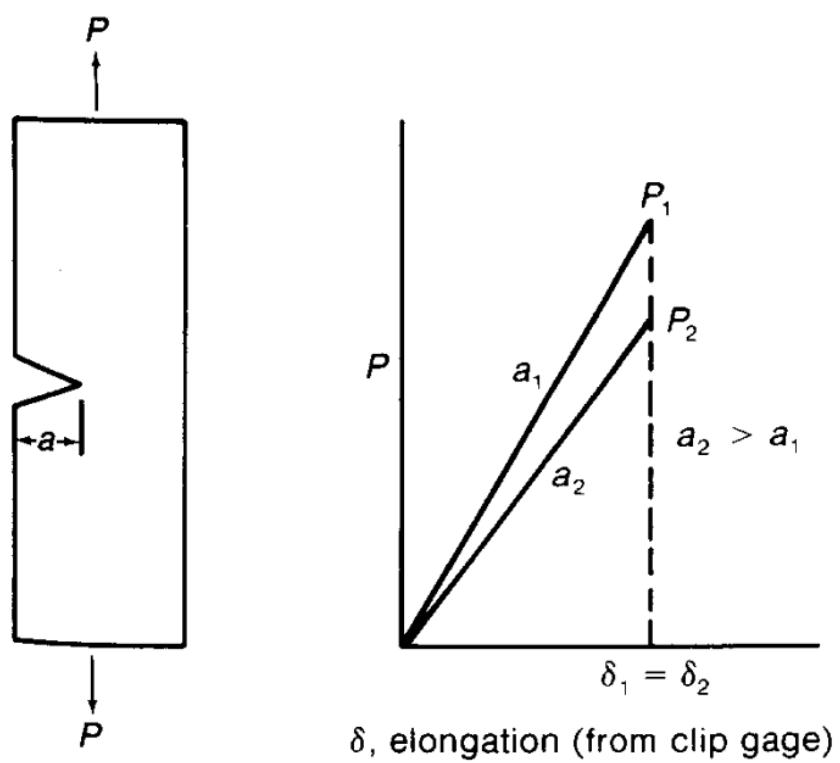
مقدار بحرانی G_c که در آن ناچت رسیدن ترک تا سلسیت شود G_c حقیقی سلسیت ماده

ناصده و شد.

Fracture toughness

نخ رهایش انرژی لرزشی . (strain Energy release rate)

شکل زیر نتیجہ دھکہ جگہ اندازہ کریں گے .



شكل 10.1 تعیین نیروی گسترش ترک

لایک دفونه با شیار ترک لبه تخت بارگذاری موردنی به مسیله پلین هام سود. تیزترین سیار مکان
کو سط ایجاد ترک خستگی به مسیله سیار ماسن کن کنند و وجود آیا.

جایجای این شرک ب عنوان تابعی از نیرو محوری اندازه لیری و نیور با strain gage clip gage در ورودی شیار
محنی های نیرو برحسب جایجایی برای طولهای مقفارت شیارها متحصل شده که در آن
 $P=M\delta$. M سنتی دفونه (stiffness) با طولهای ترک a و باشد.

از جریان انتقالی کو سط ناحیه زیر محنی تا مقبار متحصل از P و δ به صورت زیر است.

$$U_0 = \frac{1}{2} P \delta = \frac{P^2}{2M} \quad (10.4)$$

موردنی را در فلم بلکرد که در تکل (10.1)، دفونه به طور مکمل گرفته شده که در آن افزایش رسانید
با علت تغییر نیوز از P_1 به P_2 و سود.

$$\delta_1 = \delta_2 = \frac{P_1}{M_1} = \frac{P_2}{M_2} \quad (10.5)$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial a} \right) \frac{1}{M} + P \frac{\partial \left(\frac{1}{M} \right)}{\partial a} = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial a} = -PM \frac{\partial \left(\frac{1}{M} \right)}{\partial a} \quad (10.6)$$

و نیروی لسترن شرک به صورت زیر تعریف و سود.

$$G = \left(\frac{\partial U_0}{\partial a} \right)_S = \frac{1}{2} \left[\frac{2P}{M} \frac{\partial P}{\partial a} + P^2 \frac{\partial \left(\frac{1}{M} \right)}{\partial a} \right] \quad (10.7)$$

باید این را حل کرد (10.7) در رابطه (10.6) خواهیم داشت

$$g = -\frac{1}{2} P^2 \frac{\partial (\frac{1}{M})}{\partial a} \quad (10.8)$$

نخ‌هایی از این قدر می‌توان توسط رابطه (10.8) ارزیابی کرد با محض کردن مقادیر بعنوان تابعی از طول ترد.

چند مدل دارد یا نخ‌هایی از این قدر بحران (Gc) توسط بر P_{max} محض و سود کردن ترد نایاب رده و صنعتی شکسته شود.

$$G_c = \frac{P_{max}^2}{2} \frac{\partial (\frac{1}{M})}{\partial a} \quad (10.9)$$

فاکتور سدت کنس K برای هندسه منعطف مقداریان K داشته باشد، به عنوان معنایت که میانهای اطراف دو نقطه با هندسه منعطف مقداریان K داشته باشند، برای این فاکتور از این نوع های آنلاین هر دویک از نقصها یک است. مقادیر K برای بیشتر هندسه‌های ترد و بیشتر نوع های آنلاین توسط تئوری اساسی حساب شده است. برای یک مورد کمی فاکتور سدت کنس توسط رابطه زیرین می‌شود.

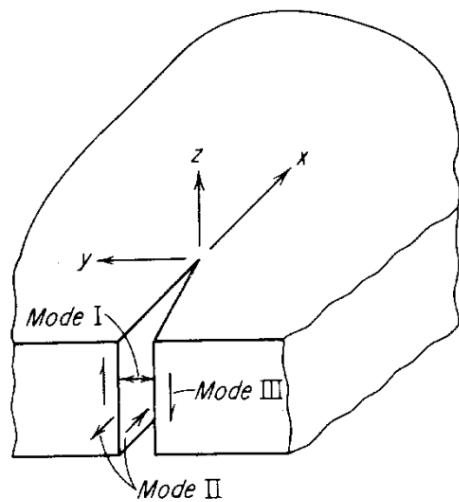
$$K = \alpha \sigma \sqrt{\pi a} \quad (10.10)$$

که در آن α امتداد بستگی دارد به دفعه و هندسه ترد. به عنوان مثال برای یک صفحه‌ای با عرض w که تمت نیروی لقیح با طول ترد $2a$ که در نظر قرار دارد به صورت زیر می‌باشد.

$$K = \sigma \sqrt{\pi a} \left(\frac{w}{\pi a} \tan \frac{\pi a}{w} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10.11)$$

حالت‌های مختلف برای تغییر تکل که متفاوت بر ترد اعمال شود وجود دارد.

در سه نیز انواع حالت‌ها راماتهده لکند.



شکل 10.2 حالت های مختلف اعمال نیرو بر نمونه دارای ترک

درین حالت های I، II، III، حالت I معمولاً بعنوان شدت جیوه ملی شدت در نظر گرفته و شدت و مقادیر بجزئی این حالت به صورت K_{Ic} نشان داده شد

$$\text{با ترکیب رابطه های} \quad k = \sigma \sqrt{\pi a} \quad (10.3)$$

$$k^2 = \frac{G E}{\text{plane stress}} \quad (10.12)$$

$$k^2 = \frac{G E}{(1-\nu^2)} \quad \text{plane strain} \quad (10.13)$$

درجیول زیر مقادیر K_{Ic} برخی از مواد آورده شده است.

جدول 10.1 مقادیر فاکتور شدت تنش برای برخی از نمونه ها

Table 11-1 Typical values of K_{Ic}

Material	Yield strength, MPa	Fracture toughness K_{Ic} , MPa m ^{1/2}
4340 steel	1470	46
Maraging steel	1730	90
Ti-6Al-4V	900	57
2024-T3 Al alloy	385	26
7075-T6 Al alloy	500	24

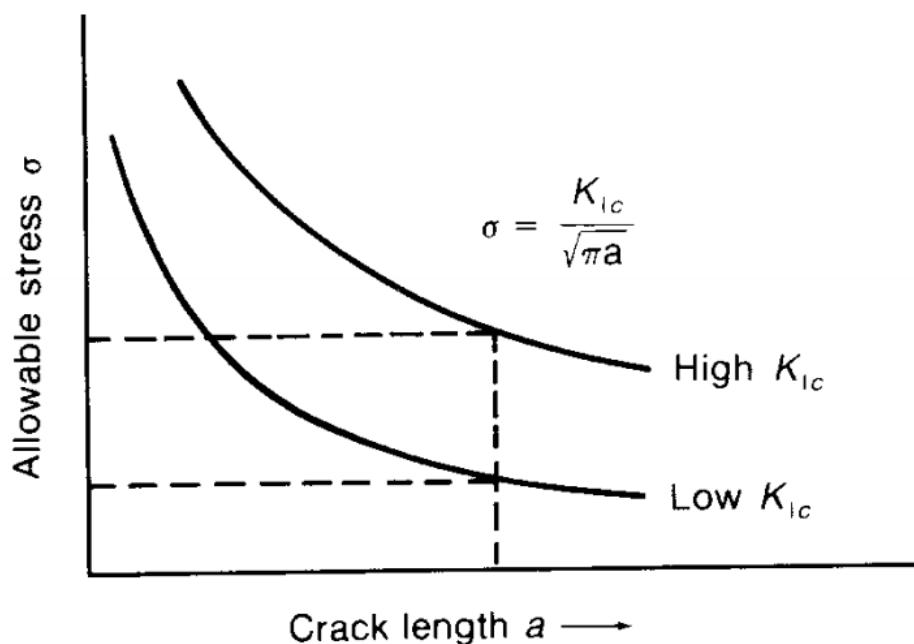
K_{IC} جزو خصیت ماده محسوب و نور همراه باشد استحکام شلیم جزو خصیت های ماده است.

مقدار K_{IC} به صورت زیر محض نشود.

$$K_{IC} = \sigma \sqrt{\pi a} \quad (10.14)$$

اگر ماده ما انتخاب نشود آن محض است لیکن برای یک ماده محضی دارای ترک است صیوان کنش حرکتی را حل کرد و قطعه بالین ترک صدمت خورد. و این کنش با مقدار از K_{IC} نشود.

در شکل زیر ارتباط بین حجمی شکست و کنش و سایز ترک مجاز آورده و شدید است.



شکل 10.3 ارتباط بین چرمگی شکست و تنفس و تعیین طول ترک مجاز

دلخواه بیان صیدان کنسی الستیل در نزدیک نوک ترک با پارامتر فاکتور سفت کنس
ک اسکانه و سود بزرگ آن فاکتور سفت کنس ^{ایم} هندسه جسم ماده داری ترک است
به سایر و معوقیت ترک و برگشتن و تغییر بارها وارد برجسم ماز باشد.

عادیم کردن حکمت ترد در حضور نقص شبیه ترک طوری است که کنس های نوک
ترک از مقادیر بحرانی عبور کند و منجر به حکمت قابل سود.
ک، حجمی سکست کرنس صفاتی به عنوان یک خاصیت ماده بجزی ماده ای که داری ترک
است به صورت زیر تعریف و سود.

$$K_{IC} = \alpha \sigma \sqrt{\pi a_c} \quad (10.15)$$

که در آن α پارامتری است که وابسته به دفعونه و هندسه ترک که در آن a_c طول بحرانی ترک است

K_{IC} مخصوص باشد، یعنی ماده مخصوص داشم، و توأم کنس مجاز بجزی یک سایر
نقص مخصوص را تغییر ننمایم.

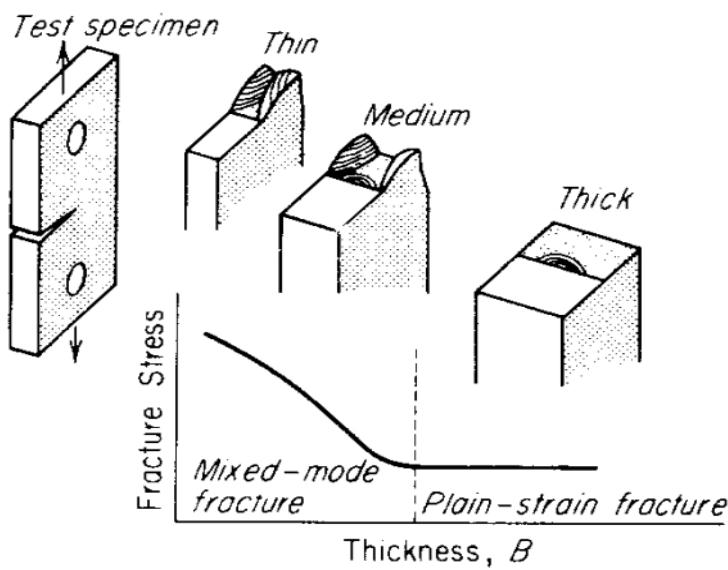
از آنجایی که K_{IC} از ویژگی های اسطوی ماده است، مانند استحکام تسلیم با تغییرات
محض از قبل دمای شرخ کرنس تغییر کند.

بلکن معادن که وابستگی ب دمای شرخ کرنس دارند K_{IC} معمولاً با کاهش دمای محض و با
افزایش شرخ کرنس کاهش می نماید.

بجزی یک آلمار محض، K_{IC} وابستگی عمده به متغیرهای مثال درجه از قبل عملیات حرارتی
باشد، ناخالصی، آخالهار... دارد.

دیگر سیار در یک صفحه ضخیم قرار دارد تخریب نسبت به صفحه نازک بسیار است
بدلیل این که کنس صفحه ای با درجه بالای سده مغوره.
کنس های حالت

در چهار تا پنجم ضخامت دفعونه بر کنس وحات حکمت آورده می شود.



شکل 10.4 تأثیر ضخامت نمونه بر تنش و حالت های شکست

حقیقی تکت تحریط کرنس صفحه ای موقعی ب دست و آنده ماده ها تدریجی شکست.

هفاطلورک از سعد پیاست ما مینیم ضخامتی در آن تکت به صورت تدریجی اتفاق افتاد و تحریط کرنس صفحه ای را داشم، با این ب این ضخامت هفاطلورک در تکل عیوب نفوذ اضافه ننمایست ولی این تأثیر ضخامت بر حالت و نوع تکت در بالاتر آن ~~کاربرد~~ موجود دارد.

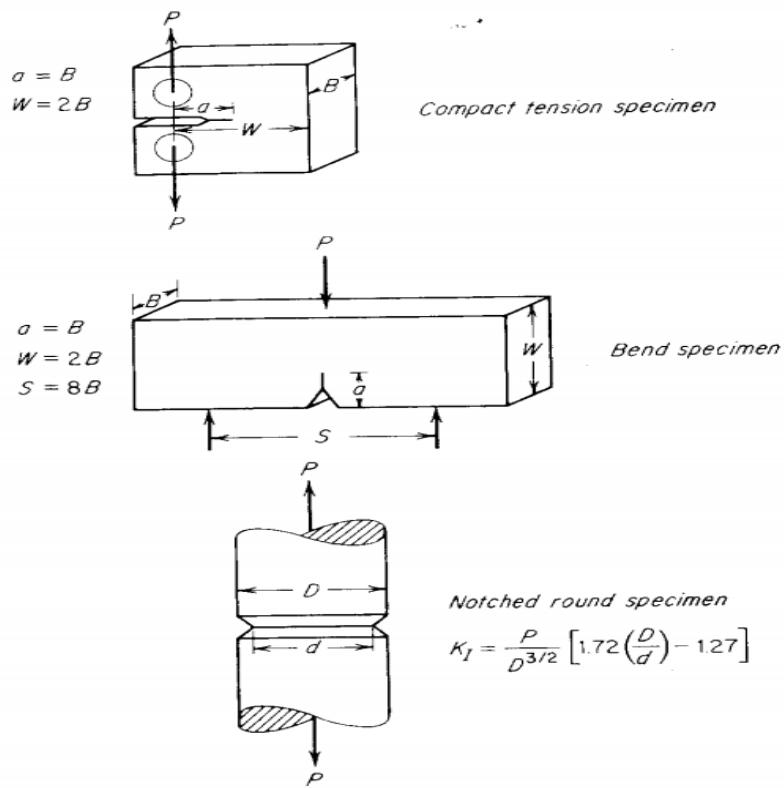
از مقدار مینیم به صورت زیر تحریف نشد.

$$B = 2.5 \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_0} \right)^2 \quad (10.16)$$

که در آن σ_0 همان کشش تسلیم است.

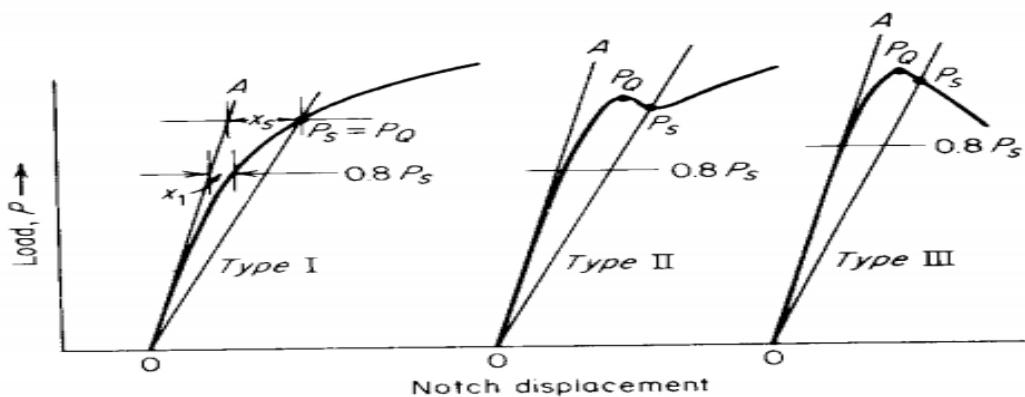
حقیقی تکت کرنس صفحه ای K_{IC} متعددی به اندازه ~~کاربرد~~ ارائه دهد است.

سه دفعه اند در تکل زیر دیده و شود رایج ترین طرح های دفعه کوچک شده است.



شکل 10.5 نمونه های رایج برای تست K_{Ic}

نحوه ها را باید در داخل ماسنی تست بلندی و دفعه دار P (بار) بحسب حرکت و جایگاه انتهاي باز شمار را رسم کن .
نه تا دفعه دار بخدا داده و نسود در سعی نرسی توان این سه دفعه دار را دید .



شکل 10.6 نمودار های مربوط به منحنی های نیرو - جابجایی

نوع I صنعتی بار-جایجای دفعاً ناچر رفتار مخلزات متعدد زیر است که در آن ترک ناچارت برگزینید با افزایش نیرو رسید کند. این صنعتی همچو ویژگی مخصوصه ای را سرآغاز شدست نایابی را باشد راندارد.

فراینس که در سطح بالا بینندی این صورت است که خفا قطع کنند P_0 از صدای میب ۵ درصد کمتر از میب معاس OA نباشد که این قطع شدن دفعه ای را نشان دهد. لسیس خط افقی را در 80 درصد P_0 و همینند P_0 رسم کن.

حال فاصله خط قطع شده معاس OA با خط افقی x_1 و نافیم آن x_1 از $\frac{1}{4}$ فاصله x_1 بزرگ تر بود، عاده آنقدر نیم است که مقادیر معتبر K_{IC} را نماید. آن عاده خلی نیم نیست P_0 را P_Q و نافیم و در روابطی تدر ادعاه آورده تود همراهی دهیم.

صنعتی نوع II بار-جایجای دارای نقصان است که در نیرو یک افت درازم، این افت ناچانی و تواند از نایابی این ناچانی رسیده بیرون ترک قبل از کاهش ترک در رید از نوع پارکی (tearing). در این صنعتی P_Q به عنوان مالکیم نیروی بست شده را باشد.

صنعتی نوع III یک افت نایابی دارد از رسید حرکت ترک اولیه به سمعت به شدست خلایی و رسم این نوع صنعتی ویژگی یک ماده الاستیک خلی ترد و باشد.

مقادیر P_Q تعیین شده از صنعتی بار-جایجای بین حساب درون حقیقی حدست صعود باشد که به صورت K_Q همان داده شود صعود اکثر در بین و بینم برای دفعه ای سطح (که) باشد که در آنها و طول ترک P_Q نیروی بحرانی را باشد.

برای دفعه هشتم Compact tension specimen

$$K_Q = \frac{P_Q}{Bw^{1/2}} \left[29.6 \left(\frac{a}{w} \right)^{1/2} - 185.5 \left(\frac{a}{w} \right)^{3/2} + 655.7 \left(\frac{a}{w} \right)^{5/2} - 1017 \left(\frac{a}{w} \right)^{7/2} + 638.9 \left(\frac{a}{w} \right)^{9/2} \right] \quad (10.17)$$

برای دفعه هشتم یکنواخت bend specimen

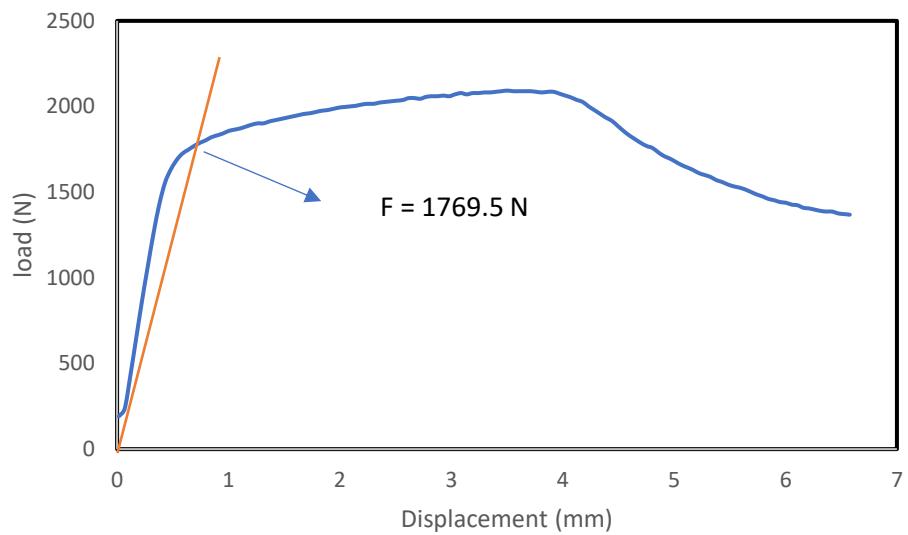
$$K_Q = \frac{P_Q S}{Bw^{3/2}} \left[2.9 \left(\frac{a}{w} \right)^{1/2} - 4.6 \left(\frac{a}{w} \right)^{3/2} + 21.8 \left(\frac{a}{w} \right)^{5/2} - 37.6 \left(\frac{a}{w} \right)^{7/2} + 38.7 \left(\frac{a}{w} \right)^{9/2} \right] \quad (10.18)$$

طول ترک a در مقادیر بزرگ سُلْت اندازه لگزی را نمود و قدر داده شود.
 سینما فاکتور $2.5 \left(\frac{K_Q}{\sigma_y} \right)^2$ را حساب کنیم. آنقدر از هم ضخامت
 و هم طول ترک دفعه کمتر باشد، پس K_Q همان K_{IC} است وست معنی برای
 آنقدر لگزه نبوده باشد. دفعه ای ضخیم تر استخواب کنم تا K_{IC} مخفی شود.

$$t, a \geq 2.5 \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_y} \right)^2 \quad (10.19)$$

در رابطه ۱۰.۱۹ تضخامت دفعه و a طول ترک در سیاست استحکام تسلیم فاصله است

خواسته شماره ۱ :



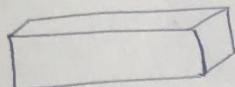
شکل 10.6 منحنی نیرو - جابجایی نمونه

خواسته شماره 2 :

$$t, a \geq 2.5 \left(\frac{k_{IC}}{\sigma_{ys}} \right)^2$$

لشرط معتبر بودن برآمیزه ارگن باشد شرط

برآمیزه



دفونه مالخصی است. و مستطیل شکل است.

$$\text{Thickness} = 5 \text{ mm} = B$$

$$\text{Width} = 15 \text{ mm} = w$$

$$\text{Crack Length} = 5 \text{ mm} = a$$

$$K_Q = \frac{P_Q}{BW^{1/2}} \left[29.6 \left(\frac{a}{w} \right)^{1/2} - 185.5 \left(\frac{a}{w} \right)^{3/2} + 655.7 \left(\frac{a}{w} \right)^{5/2} - 1017 \left(\frac{a}{w} \right)^{7/2} + 638.9 \left(\frac{a}{w} \right)^{9/2} \right]$$

$$K_Q = \frac{1769.5}{5 \times 15^{1/2}} \left[29.6 \left(\frac{5}{15} \right)^{1/2} - 185.5 \left(\frac{5}{15} \right)^{3/2} + 655.7 \left(\frac{5}{15} \right)^{5/2} - 1017 \left(\frac{5}{15} \right)^{7/2} + 638.9 \left(\frac{5}{15} \right)^{9/2} \right]$$

$$\Rightarrow K_Q = 572 \text{ MPa}$$

$$2.5 \left(\frac{k_Q}{\sigma_{ys}} \right)^2 \quad K_Q \quad \text{حال پایه} \\ \cdot K_Q = k_{IC} \quad \text{برآمیزه} \quad t, a \geq 2.5 \left(\frac{k_Q}{\sigma_{ys}} \right)^2$$

با توجه به آنکه اطلاعاتی درخصوص σ_{ys} به مانند این واز طرز طول دفونه را نداشتم هنگامی که رایت آورم آنکه طول دفونه را با دستیم مارسیم فوراً ۸-۵ و سه حفاظتی با خاصیت داریم یا نهانک در ۸=۰.۰۰۲ جتوانستم که رایت آورده و ازان استفاده کنم.

Gage Length = 32 mm 32mm است.

$K_Q = k_{IC}$ آن لشرط بقراص میشود.

مراجع :

كتاب ديتر