Cvičení 9 - *lomová houževnatost I*

Co vyjadřuje mechanická vlastnost označovaná pojmem houževnatost ?
Opakujte pojmy: Rychlost uvolňování elastické energie, hnací síla trhliny, součinitel intenzity napětí - výraz, jednotka.
Uveďte název a rozměr následujících materiálových charakteristik K_I, K_{IC}, G_I, G_{IC}, R, J_I, J_{IC}.

Příklad 1

Odpor materiálu vůči růstu trhliny je dán vztahem: $R = 6{,}95.(a - a_0)^{0,5}$, kde a_0 je výchozí délka trhliny. R je v jednotkách [kJ/m^2] a velikost trhliny v [mm]. Modul pružnosti materiálu $E = 2{,}07.10^5$ MPa.

Uvažujte širokou desku, která obsahuje průchozí trhlinu kolmou na působící napětí.

a) K lomu desky došlo při napětí 138 MPa. Vypočtěte

♥ poloviční délku trhliny v okamžiku lomu (a_c)

♠ velikost stabilního růstu trhliny (v obou vrcholech trhliny), který předchází lomu (a_c - a_0).

b) Deska obsahuje trhlinu délky ($2a_0$) 50,8 mm a deska je zatěžována až do lomu. Vypočtěte :

♥ napětí v okamžiku lomu

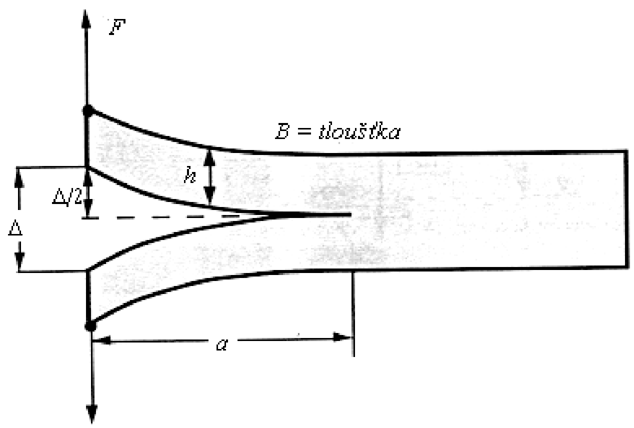
♠ poloviční délku trhliny v okamžiku lomu

♦ velikost stabilního růstu trhliny (v obou vrcholech trhliny), který předchází lomu.

Nápověda:
V okamžiku nestability musí platit, že hnací síla trhliny G = R odpor materiálu vůči růstu trhliny a současně musí platit $\frac{dG}{da} = \frac{dR}{da}$. *Tuto úvahu znázorněte graficky (G ≈ a).*

Příklad 2

Vypočtěte rychlost uvolňování elastické energie G pro těleso označované jako DCB (dvojkonzolový nosník - viz obrázek dole)



Kocourova nápověda-
Z teorie nosníků plyne, že průhyb $\frac{\Delta}{2} = \frac{F.a^3}{3.E.I}$, *kde moment* $I = \frac{B.h^3}{12}$.
Elastická poddajnost C tohoto tělesa je dána vztahem $C = \frac{\Delta}{F} = \frac{2}{3}\frac{a^3}{E.I}$.*Nyní si musíte vzpomenout na přednášky, kde jsme si odvodili,* $G = \frac{F^2}{2.B}\frac{dC}{da}$ *a závodíme, kdo se dopracuje ke správnému vzorečku první.*

Příklad 3

Z materiálu uvedeného v příkladu (1) bylo vyrobeno těleso DCB (příklad 2). Vypočtěte sílu v okamžiku lomu tohoto tělesa a velikost stabilního růstu trhliny. Rozměry DCB tělesa jsou B = 25,4mm, h = 12,7 mm, a_0 = 152 mm.

Příklad 4

Uvažujme lineárně elastický materiál jehož odpor vůči porušení je dán R křivkou (stejného tvaru jako v příkladu 1 a 3). Předpokládejme, že uděláme dvě zkoušky. V případě první zkoušky použijeme jako zkušební těleso širokou desku s průchozí trhlinou (příklad 1). Druhá zkouška je provedena na stejném materiálu, ale na tělese DCB (příklad 2). Jestliže obě zkoušky uděláme za podmínky řízené síly (měkkého zatěžování), budou hodnoty G_c

v okamžiku nestabilního lomu stejné? V případě záporné odpovědi rozhodněte, pro kterou geometrii zkušebního tělesa bude hodnota G_c vyšší a svoji odpověď zdůvodněte.

Nápověda

Vliv geometrie zkušebního tělesa na podmínku jeho nestabilního lomu rozeberte na základě schematického náčrtku v souřadnicích (velikost trhliny - osa X) versus (odpor R, rychlost uvolňování elastické energie tělesa 1 G(1) a tělesa 2 G(2) - osa Y). Nestabilita = tečna.

Příklad 5

Vypočtěte napětí, kterým můžete zatížit láhev ze skla, která obsahuje vadu o velikosti $2a$ = 30μm. Modul pružnosti skla je 70 MPa a lomová houževnatost G_c = 10 J.m^{-2}.

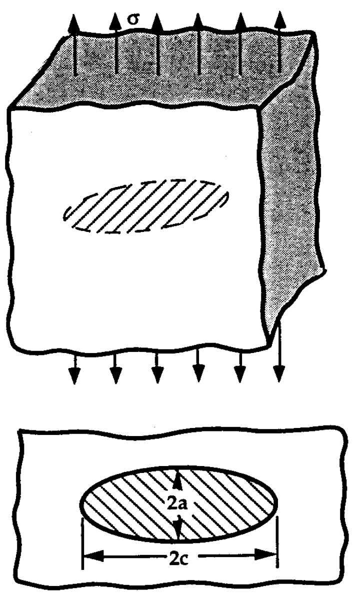
Příklad 6

Velkorozměrný silný plech byl defektoskopicky kontrolován a nebyly u něj detekovány defekty větší než a = 1,5 mm. Lomová houževnatost oceli, ze které byl plech vyroben měla hodnotu K_{Ic} = 53 MPa.m$^{1/2}$ a mez kluzu 950 MPa. Rozhodněte, zda se plech při dostatečně vysokém zatížení σ poruší nestabilním lomem, nebo zda dojde před lomem k rozsáhlé plastické deformaci.

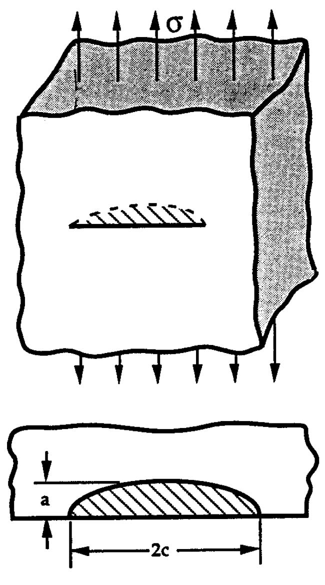
Příklad 7

Vypočtěte hodnotu K_I poloeliptického defektu pro $\phi = 0^0, 30^0, 60^0, 90^0$. σ = 150 MPa a = 8 mm $2c$ = 40 mm. Na základě výpočtu rozhodněte, jak se bude trhlina šířit v případě růstu napětí σ.

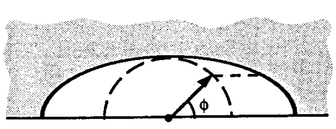
Vnitřní defekt



Povrchový defekt



$$K_I = \sigma\sqrt{\frac{\pi.a}{Q}}f(\phi)$$



$$K_I = \lambda_s\sigma\sqrt{\frac{\pi a}{Q}}f(\phi)$$

$$Q = 1 + 1{,}464\left(\frac{a}{c}\right)^{1{,}65}$$

$$\lambda_s = \left[1{,}13 - 0{,}09\left(\frac{a}{c}\right)\right]\left[1 + 0{,}1(1 - sin\,\phi)^2\right]$$

$$f(\phi) = \left[sin^2\,\phi + \left(\frac{a}{c}\right)^2 cos^2\,\phi\right]^{\frac{1}{4}}$$