

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci  
nositelka Řádu práce

Obor 23 - 07 - 8

strojírenská technologie

zaměření

Tváření kovů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

STANOVENÍ KOEFICIENTU  $K_{IC}$  U AKRYLONU

Jaroslav P f l e g e r

KPT - 062

Vedoucí práce : Ing Miloslav Š a f a ř í k

Konzultant : Ing Vladimír H u m e n

Rozsah práce a příloh

Počet stran : 45

Počet příloh a tabulek: 4

Počet obrázků : 18

Počet výkresů : 1

Počet modelů a

jiných příloh :

Dne 26.května 1983

Vysoká škola: strojná a textilní Fakulta: strojná  
Katedra: tváření a plastů Školní rok: 1982/83

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DILA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro s. Jaroslava P f l e g e r a  
obor strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Stanovení koeficientu u Akrylonu

## Zásady pro vypracování:

1. Lomová houževnatost  $K_{Ic}$  fotoelasticimetrických materiálů.
2. Návrh konstrukce zatěžovacího systému pro zatěžování vzorků typu SEN.
3. Odzkoušení zatěžovacího a snímacího zařízení.
4. Stanovení lomové houževnatosti Akrylonu na vzorcích SEN zhotovených z desek o rozměrech 2 x 1 mm.

V 123 | 83 S

Autorské právo se řídí směrnicemi  
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31  
727/62-III/2 ze dne 13. července  
1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze  
dne 31. 8. 1962 § 19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
FŠČ 461 17

KPT-TP

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

40 - 50 stran textu

1. Zkouška lomové houževnatosti  $K_{Ic}$  dle návrhu ČSN 64 0623
2. Stříž, B. : Pružnost a pevnost II.
3. Knott, J.F. : Fundamentals of fracture mechanics  
ruský překlad, Moskva 1978
4. Bednár, J. a kol : Experimentální pružnost  
Praha 1970

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Šafařík

Ing. Vladimír Humen

Konzultant

Datum zadání diplomové práce:

koněčné zadání 1. 10. 1982

Termín odevzdání diplomové práce:

27. 5. 1983



Ing. J. ...  
Vedoucí práce

Ing. RNDr. B. Stříž CSc.  
Odevzdal

20  
19  
82

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

1. Zkouška lomové houževnatosti  $K_{Ic}$  dle návrhu ČSN 64 0623
2. Stříž, B. : Pružnost a pevnost II.
3. Knott, J.F. : Fundamentals of fracture mechanics  
ruský překlad, Moskva 1978
4. Bednár, J. a kol : Experimentální pružnost  
Praha 1970

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloslav Šafařík

Konzultant Ing. Vladimír Humen

Datum zadání diplomové práce: konečné zadání 1. 10. 1982

Termín odevzdání diplomové práce: 27. 5. 1983

Dec. Ing. Jaroslav Imě, CSc.  
Vedoucí katedry

Dec. RNDr. Bohuslav Stříž CSc.  
Děkan

v Liberci dne 29. 9. 1982

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci  
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, dne 26 května 1983

*Jaroslav Pflieger*

# OBSAH

	strana
Seznam zkratek.....	6
1. Úvod.....	8
2. Základy lomové mechaniky.....	10
2.1 Napjatost na čele trhliny. Irwinovo kritérium křehkého porušení.....	10
2.2 Energetické pojetí křehkého porušení. Gri- ffithovo kritérium.....	14
2.3 Výtah z normy ČSN 64 0623.....	16
2.3.1 Podstata zkoušky.....	16
2.3.2 Zkušební těleso.....	16
2.3.3 Zkušební zařízení.....	18
2.3.4 Postup zkoušky.....	18
2.3.5 Vyhodnocení zkoušky.....	19
3. Zařízení pro tvorbu iniciační trhliny ve zkušebním vzorku typu SEN.....	21
3.1 Základy fotoelasticimetrie.....	21
3.2 Popis zařízení pro tvorbu iniciační trhliny.....	23
3.3 Postup výroby iniciační trhliny ve foto- elasticimetrických materiálech.....	25
4. Sponový tenzometrický snímač rozevření trhliny.....	27
4.1 Základy tenzometrie.....	27
4.2 Návrh sponového tenzometrického snímače rozevření trhliny.....	29
4.2.1 Sponový tenzometrický snímač rozevření trhliny dle návrhu ČSN 64 0623.....	29
4.2.2 Sponový tenzometrický snímač rozevření	

trhliny dle [4] .....	30
4.2.3 Návrh sponového tenzometrického snímače rozevření trhliny odpovídajícího podmín- kám uvedeným v návrhu ČSN 64 0623.....	31
4.2.4 Použité odporové tenzometry.....	35
4.2.5 Úprava vzorku pro upevnění sponového tenzometrického snímače rozevření trhliny.....	35
5. Jednoosý zatěžovací systém.....	37
6. Stanovení kritické lomové houževnatosti na vzorcích zhotovených z Akrylonu a Umaplexu / PMMA /...	40
7. Závěr.....	43
Literatura.....	45

## Seznam zkratek.

V seznamu jsou uvedeny jen veličiny používané při zkoušce lomové houževnatosti  $K_{IC}$ . Význam ostatních značek je vysvětlen v textu.

Značka	Veličina
a	celková délka trhliny
$a_1$	hloubka vrubu
$a_2$	délka iniciační trhliny
$a^x$	korekce délky trhliny
B	tloušťka zkušebního vzorku
W	šířka zkušebního vzorku
N	šířka zářezu
F	síla při zatěžování
$F_Q$	síla pro výpočet $K_Q$ odečtená ze záznamu / viz kap. 2.3 / síla - rozevření trhliny
$F_5$	síla, odpovídající průsečíku záznamu síla-rozevření se sečnou, mající sklon / směrnici / o 5 % nižší než tečna v počátku záznamu / viz obr. 2.5 /
u	rozevření trhliny
$u_Q$	rozevření, odpovídající síle $F_Q$
$u_{0,8}$	rozevření, odpovídající síle $F = 0,8 F_Q$
$u_Q''$	rozevření, odpovídající průsečíku přímky se sklonem lineární části záznamu a přímky rovnoběžné s osou rozevření procházející bodem $F_Q$
$u_{0,8}''$	rozevření, odpovídající průsečíku přímky se sklonem lineární části záznamu a přímky rovnoběžné s osou rozevření, procházející bodem $F = 0,8 F_Q$
$\Delta u$	rozdíl $u_Q$ a $u_Q''$
$\Delta u_1$	rozdíl $u_{0,8}$ a $u_{0,8}''$
$\alpha$	úhel sklonu lineární části záznamu síla-rozevření k ose rozevření
$K_I$	součinitel intenzity napětí
$K_{IC}$	lomová houževnatost
$K_Q$	provizorní hodnota $K_{IC}$



Značka

Veličina

$dK_I/dt$	změna součinitele intenzity napětí $K_I$ za jednotku času
$K_{IC}^x$	korigovaná hodnota $K_{IC}$ na velikost zplastizované oblasti před kořenem trhliny
$\sigma_F$	mezní napětí / viz kap. 2.3.2 / při dané zkušební teplotě
$T$	zkušební teplota
$t$	čas
$\sigma_{Sx}$	smluvní mez kluzu

## I. Úvod.

Kritická hodnota součinitele intenzity napětí při rovinné deformaci, t.j. lomová houževnatost  $K_{IC}$ , je hodnota, která charakterizuje odolnost materiálu proti rozvoji křehkého porušení z počátečního defektu typu trhliny za podmínky, kdy stav napjatosti v bezprostřední blízkosti čela trhliny je převážně trojsový / rovinná deformace / a rozsah plastické deformace je omezen pouze na velmi malou část elasticky zatíženého objemu materiálu.

Hodnocení materiálů dle velikosti  $K_{IC}$  představuje moderní kritérium pro posouzení jejich houževnatosti. Známe-li velikost lomové houževnatosti  $K_{IC}$  materiálu, můžeme kvalitativně zhodnotit jeho houževnatost s uvažováním vlivu defektu, typu trhliny a úrovně namáhání.

Předmětem diplomové práce je zavedení zkoušky  $K_{IC}$  podle návrhu normy " Zkouška lomové houževnatosti  $K_{IC}$  plastů při rovinné deformaci " ČSN 64 0623 na katedře mechaniky, pružnosti a pevnosti VŠST v Liberci / dále KMP /, realizace zařízení a ověření metodiky zkoušky. Realizované zařízení spolu s metodikou přispívají k lepšímu hodnocení modelových polymerních materiálů používaných na KMP v rámci státního úkolu základního výzkumu III - 3 - 1/2 B : Porušení jednoose a dvouose staticky zatížených rovinných těles dynamickou trhlinou.

Pro splnění tohoto cíle bylo nutno se seznámit s problematikou lomové mechaniky. K tomuto jsem čerpal z literatury [7], [3], [4], [8]. Dále bylo třeba se seznámit s tenzometrickými metodami a základy fotoelasticimetrie. Zde jsem čerpal z [2], [3]. Ke studiu metodiky zkoušky, technických řešení snímačů a zařízení pro tvorbu iniciační trhliny jsem použil literaturu [6], [4], [5], [1].

K zavedení zkoušky bylo třeba zkonstruovat zařízení pro tvorbu iniciační trhliny, snímač rozevření trhliny se zařízením pro měření síly a rozevření trhliny, dále pak zkonstruovat zatěžovací systém případně zkonstruovat upínací čelisti na univerzální trhací stroj.

Zařízení pro tvorbu iniciační trhliny bylo realizováno jako víceúčelové. Výrobní dokumentace byla, vzhledem k maximálnímu urychlení výroby, kreslena jen v tužkových originálech. Proto je uvedena v této diplomové práci pouze celková sestava. Byly realizovány též dva snímače rozevření trhliny.

Jelikož katedra KMP nevlastní vhodný universální trhací stroj, bylo původním záměrem též zkonstruovat a realizovat univerzální mechanický trhací stroj se silou přibližně 1000 N a měnitelnou rychlostí posuvu čelistí s využitím některých komponentů ze zásob KMP. Pro tuto variantu byly zkonstruovány upínací čelisti a provedena výkresová dokumentace pro úpravu dynamometru M 20 fy BUKOV Rumburk. Tento dynamometr byl u zmíněné fy objednán.

Po zkušenostech s velmi dlouhými dodávkami lhůtami školních vývojových dílen - nutno podotknout, že výroba poměrně jednoduchého zařízení pro tvorbu iniciační trhliny trvala více než půl roku - byla konstrukce a výroba trhacího stroje zastavena. Po té se přikročilo k úpravě Jednoosého zatěžovacího systému zkonstruovaného na KMP pro ústav Monokrystaly Turnov. Na tomto zatěžovacím systému byla provedena všechna měření a ověřeny snímače otevření trhliny.

## 2. Základy lomové mechaniky

Lomová mechanika je dílčí částí mechaniky poddajného tělesa. Lom je proces vzniku a šíření trhliny. V technické praxi se lomy z hlediska mechaniky dělí na lomy stabilní, u nichž k stabilnímu šíření trhliny je třeba zvýšení vnějšího zatížení, a na lomy nestabilní, u nichž se trhlina šíří bez dalšího zvyšování zatížení. Křehkým lomem se rozumí nestabilní lom, který je doprovázen jen malou plastickou deformací v celém objemu tělesa. Nestabilitou lomu je myšleno pak jeho náhlé a nekontrolovatelné šíření při dosažení jistého kritického zatížení.

Východiskem lomové mechaniky je vždy trhlinou poškozená konstrukce. Cílem lomové mechaniky je stanovit jaké namáhání může ještě přenést konstrukce se známou trhlinou bez dalšího růstu trhliny nebo jaká velikost trhliny v konstrukci je přípustná při daném zatížení. Aplikace lomové mechaniky na stanovení stability trhliny v konstrukci spočívá v těchto krocích :

- a/ Výpočet parametru charakterizujícího koncentraci napětí na čele trhliny ve vyšetřovaném tělese.
- b/ Experimentální určení kritické hodnoty parametru za předpokladu, že je tento parametr materiálovou konstantou.
- c/ Porovnání vypočteného parametru s experimentálně zjištěnou kritickou hodnotou.
- d/ Kontrola konstrukce nedestruktivními metodami defektoskopie.

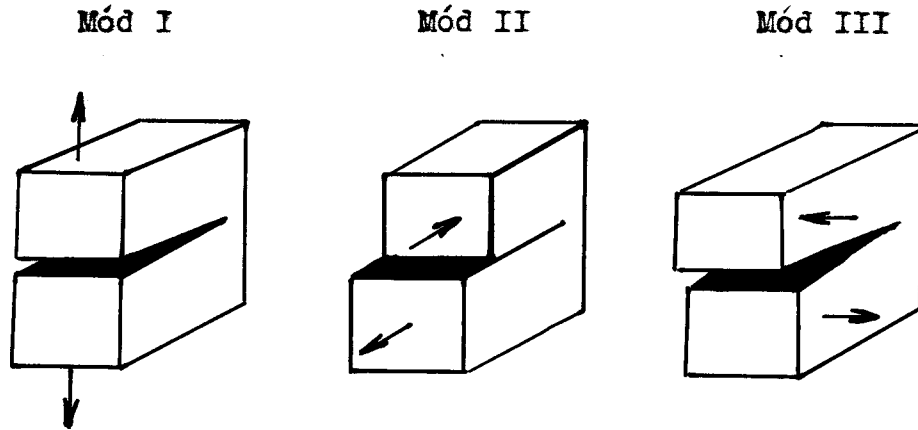
V současnosti se používá několik kritérií / parametrů / lomové mechaniky.

V dalším bude pojednáno pouze o kritériích lineární lomové mechaniky, která vychází z představ lineárně elastického kontinua. Lineární lomová mechanika je používána především pro materiály s trhlinami na jejichž čele vzniká plastická zóna malého rozsahu v porovnání s délkou trhliny.

### 2.1 Napjatost na čele trhliny. Irwinovo kritérium křehkého porušení.

V tělese se trhlina může deformovat třemi základními způsoby

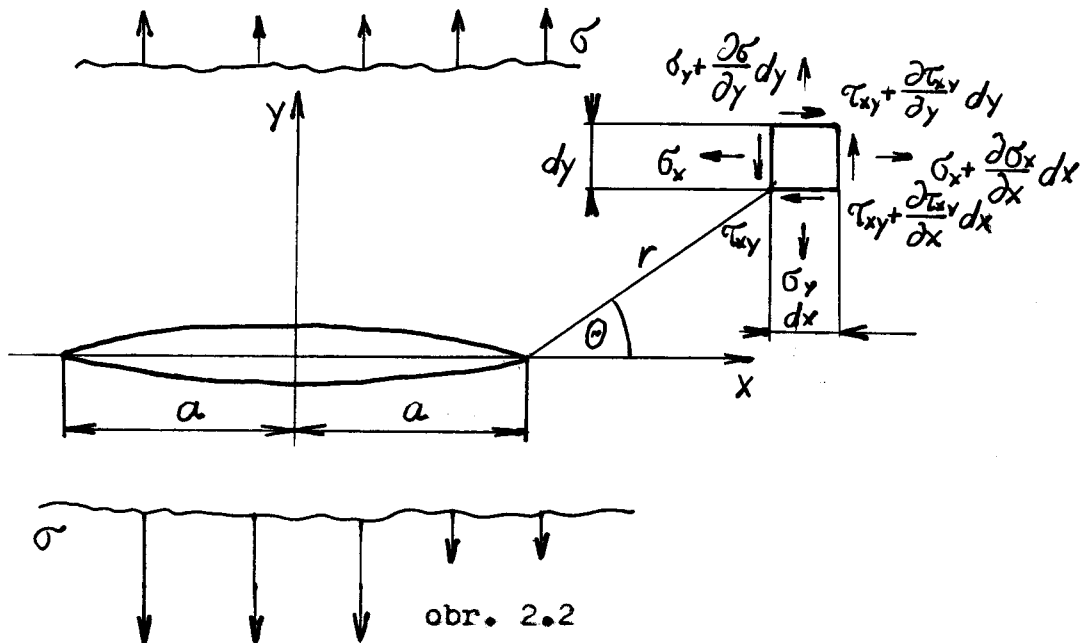
/ módy /, uvedenými na obr. 2.1 .



obr. 2.1

Mod I deformace trhliny je typ deformace uvažované při zkoušce lomové houževnatosti  $K_{IC}$  , proto se jím budeme dále zabývat. Je třeba poznamenat, že superpozice těchto tří způsobů deformace trhliny popisuje obecný případ trhliny v tělese.

Uvažujme tedy dále trhlínu modu I délky  $2a$  , která prochází celou tloušťkou rozlehlé desky zatížené ve značné vzdálenosti od trhliny tahovým napětím  $\sigma$  , kolmým k povrchům trhliny viz. obr. 2.2 .



obr. 2.2

Element o rozměrech  $dx$ ,  $dy$ , který se nachází ve vzdálenosti  $r$  od čela trhliny a pod úhlem  $\theta$  od roviny trhliny, je zatížen

normálními napětími  $\sigma_x, \sigma_y$  ve směrech  $x, y$  a smykovými napětími  $\tau_{xy}$ . V případě rovinné napjatosti platí  $\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$  a v případě rovinné deformace z podmínky  $\epsilon_z = 0$  platí  $\sigma_z = \nu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$ . Napjatost v blízkém okolí stabilní křehké trhliny lze popsat vztahy [3] :

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2}\right) \\ \sigma_y &= \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2}\right) \\ \tau_{xy} &= \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2}\end{aligned} \quad / 2.1 /$$

t. j.

$$\sigma_{ij} = \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \cdot f_{ij}(\theta) \quad / 2.2 /$$

V elastickém případě jsou napětí úměrná vnějšímu napětí a mění se s druhou odmocninou délky trhliny. S poklesem vzdálenosti  $r$  rostou napětí k nekonečně velkým hodnotám. Vzhledem k tomu, že každá z rovnic / 2.1 / představuje jen první členy v rozvoji :

$$\sigma_{ij} = \sigma_0 \sqrt{\frac{a}{2r}} f_{ij}(\theta) + \sum_{n=1}^{\infty} c_n r^{\frac{n-1}{2}} f_{nij}(\theta) \quad / 2.3 /$$

napětí  $\sigma_y$  se pro velká  $r$  blíží nule, zatím co by se mělo blížit k hodnotě vnějšího napětí  $\sigma$ . Rovnice / 2.1 / dávají dostatečně přesný popis napjatosti v blízkosti čela trhliny, kde další členy v rozvoji / 2.3 / jsou malé ve srovnání s prvním členem.

Rovnice / 2.2 / se zpravidla zapisuje ve tvaru

$$\sigma_{ij} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta) \quad / 2.4 /$$

kde :

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} \quad [MPa \cdot m^{\frac{1}{2}}] \quad / 2.5 /$$

je součinitel intenzity napětí.

Index  $I$  se vztahuje ke způsobu / modu /  $I$  deformace trhliny. Ze vztahu / 2.4 / je zřejmé, že napjatost v okolí kořene

trhliny je dána, jestliže je známa hodnota součinitele intenzity napětí  $K_I$ .

Elastické řešení napjatosti na čele trhliny dává v koreni trhliny /  $r = 0$  / nekonečně velká napětí, která vzhledem ke vzniku plastické deformace v kořeni trhliny v reálném materiálu nemají fyzikální smysl. Velikost plastické zóny na čele trhliny lze určit pomocí vzdálenosti  $r_p^*$  od čela trhliny v níž elastic-  
ké napětí  $\sigma_y$  dosáhne hodnoty meze kluzu  $\sigma_K$ .

Potom :

$$\sigma_y = \sigma_K = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r_p^*}} \Rightarrow r_p^* = \frac{K_I^2}{2\pi \sigma_K^2} \quad / 2.6 /$$

Ve skutečnosti je plastická zóna poněkud větší.

Bylo ukázáno, že pro trhliny různých délek, ale stejném  $K_I$  je na čelech trhlin shodný stav napjatosti. V případě vzniku plastické zóny na čele trhliny je patrné, že pro trhliny zatížené na tutéž hodnotu  $K_I$  je velikost plastické zóny  $r_p^*$  stejná.

Součinitel intenzity napětí je tedy vhodný k určení napětového pole i v případě vzniku plastické zóny na čele trhliny. Rozšíření trhliny se objeví, jestliže napjatost na čele trhliny dosáhne určitého kritického stavu. Tuto napjatost můžeme vyjádřit kritickou velikostí součinitele intenzity napětí  $K_{IKR}$ . Ze zatížení desky se známou trhlinou délky  $2a$  lze spočítat kritické napětí  $\sigma_{KR}$ , při kterém došlo k porušení desky. Kritická hodnota součinitele intenzity napětí  $K_{IKR}$  je pak dána vztahem :

$$K_{IKR} = \sigma_{KR} \sqrt{\pi a} \quad / 2.7 /$$

Kritickou hodnotu  $K_{IKR}$  lze chápat jako materiálový parametr. Na základě znalosti  $K_{IKR}$  pro daný typ materiálu lze předvídat, jaká velikost trhliny může být v tělese za daného zatížení bez porušení materiálu, nebo jaké zatížení tělesa je přípustné při dané velikosti trhliny v tělese.

Nemá-li se konstrukce s trhlinou, deformující se podle modu I, porušit křehkým lomem, musí být splněna podmínka :

$$K_I < K_{IKR} \quad / 2.8 /$$

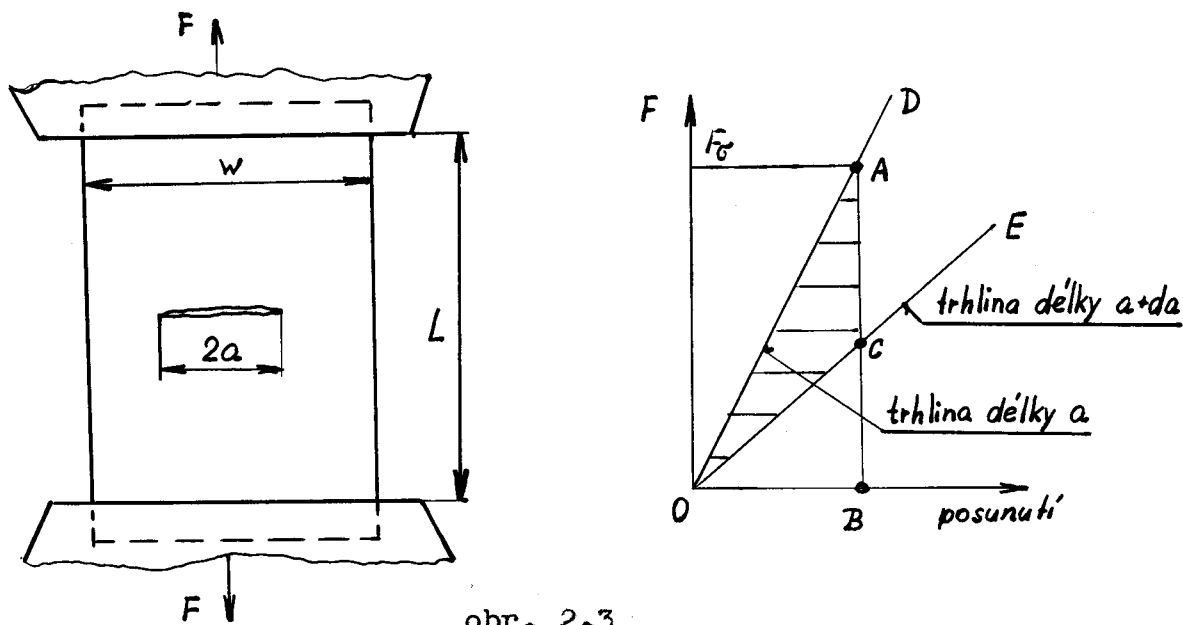
Kritická hodnota součinitele intenzity napětí pro plasty zjišťovaná dle návrhu ČSN 64 0623 je značena  $K_{Ic}$  a nazývá se "lomová houževnatost /  $K_{Ic}$  /".

Nerovnost / 2.8 / se v literatuře uvádí jako Irwinovo kritérium křehkého porušení.

## 2.2 Energetické pojetí křehkého porušení. Griffithovo kritérium

Problémy lomové mechaniky nemusíme řešit ovšem jen z hlediska napjatosti v okolí trhliny. Stejně výsledky dostaneme, použijeme-li při řešení energetických úvah křehkého porušení.

Uvažujme rozlehlou desku jednotkové tloušťky s centrální průchozí trhlinou délky  $2a$ . Nechť je deska zatěžována až na napětí  $\sigma$ , po té nechť její okraje jsou pevně zafixovány v čelistech zatěžovacího stroje / obr. 2.3 /



obr. 2.3

Závislost zatížení - posunutí okrajů desky je uvedena na obr. 2.3b. Elastická energie akumulovaná v desce během zatěžovacího procesu je rovna ploše OAB v zatěžovacím diagramu. Jestliže se trhlina náhle rozšíří o délku  $da$  poklesne tuhost desky. Vzhledem k zafixovaným okrajům desky musí část zatížení relaxovat. Akumulovaná elastická energie pak poklesne na velikost rovnou ploše OCB. Trhlina při rozšíření z délky  $a$  na  $a + da$



uvolní tedy elastickou energii rovnu ploše OAC. Samovolné šíření trhliny v desce se objeví, jestliže akumulovaná elastická energie uvolněná při růstu trhliny je dostatečná k uhrazení celkové energie potřebné pro růst trhliny. Jestliže tomu tak není, pak ze zatěžovacího diagramu na obr. 2.3b je zřejmé, že musí být zvýšeno napětí.

Podmínkou šíření trhliny je vztah :

$$\frac{dU}{da} = \frac{dW}{da} \quad / 2.9 /$$

kde : E ..... Youngův modul

U ..... akumulovaná energie

W ..... energie spotřebovaná při růstu trhliny

Na základě výpočtu pole napětí pro úzký eliptický otvor Griffith určil  $dU/da$  vztahem :

$$\frac{dU}{d(2a)} = \frac{\pi \sigma^2 a}{E} \quad / 2.10 /$$

pro jednotkovou tloušťku desky.

V literatuře se zpravidla používá označení  $G = dU/da$  a tato veličina se nazývá rychlost uvolňování elastické energie. Rozměr této veličiny je energie na jednotku tloušťky desky a jednotku rozšíření trhliny, což je rozměr síly. Lze se tedy na veličinu G dívat jako na hnací sílu trhliny.

Energie spotřebovaná při šíření trhliny je označována jako  $R = dW/da$ . Vzhledem k rozměru této veličiny / síla / lze na ni pohlížet jako na sílu bránící rozšíření trhliny. V prvním přiblížení lze předpokládat, že energie potřebná ke vzniku trhliny je stejná pro každý přírůstek  $da$ , t.j., že R je konstantní během šíření trhliny. Rovnice / 2.9 / je tedy rovnice rovnováhy mezi hnací silou a silou odporu. Je-li R konstantní, potom v případě samovolného šíření trhliny musí G převýšit kritickou hodnotu  $G_{rc}$ . Potom platí:

$$G_{rc} = \frac{\pi \sigma_c^2 a}{E} \quad / 2.11 /$$

nebo-li

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{E G_{rc}}{\pi a}} \quad / 2.12 /$$

kde  $\sigma_c$  je napětí při porušení desky s trhlinou.

Kritická hodnota  $G_{rc}$  může být tedy určena měřením  $\sigma_c$  při porušení desky s trhlinou délky  $2a$  a výpočtem  $G_{rc}$  z rovnice / 2.11 /.

Vztahy / 2.11 / a / 2.12 / odvodil Griffith pro sklo t.j. velmi křehký materiál. Proto předpokládal, že R sestává pouze z energie potřebné k porušení kohezních vazeb, tedy energie potřebné k vytvoření nových povrchů - povrchové energie  $\gamma$ . V houževnatém materiálu / kovy / se na čele trhlin objevuje plastická deformace. Většina uvolněné energie se zde spotřebovává na vznik plastické zóny, kdežto energie povrchová je tak malá, že ji lze zanedbat.

Porovnáme-li rovnici / 2.10 / s rovnicí / 2.5 /, pak je zřejmé, že

$$\frac{K_I^2}{E} = G_I \quad / 2.13 /$$

Z rovnice / 2.13 / je patrné, že v případě růstu trhliny je napěťové i energetické kritérium současně splněno. Rovnice / 2.13 / platí pro rovinnou napjatost. V případě rovinné deformace platí vztah

$$\frac{K_I^2}{(1-\nu^2)E} = G_I \quad / 2.14 /$$

nebo :

$$\frac{K_{IKR}^2}{(1-\nu^2)E} = G_{IC} \quad / 2.15 /$$

### 2.3 Výtah z návrhu normy ČSN 64 0623 .

Tato norma platí pro stanovení lomové houževnatosti  $K_{IC}$  plastů za podmínek rovinné deformace. Tuto normu nelze použít pro vyztužené plasty a lehčené hmoty.

#### 2.3.1 Podstata zkoušky.

Zkouška spočívá v postupném zatěžování zkušební tělesa s trhlinou, definovaného touto normou, excentrickým tahem při dané teplotě a rychlosti zkoušky až do lomu. Musí být zajištěna podmínka převládající rovinné deformace.

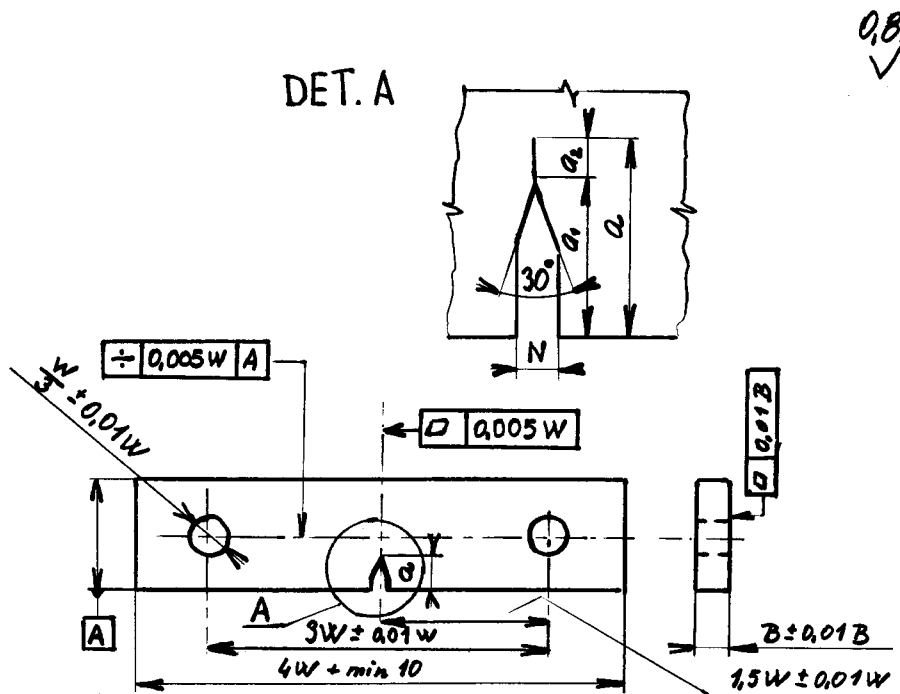
Při zkoušce je registrována závislost síla - rozevření trhliny, z níž při splnění podmínek převládající rovinné deformace lze získat hodnotu lomové houževnatosti.

#### 2.3.2 Zkušební těleso.

Pro zkoušku lomové houževnatosti je určeno ploché zkušební

těleso s jedním bočním vrubem prodlouženým iniciační trhlinou, zatěžované excentrickým tahem / typ SEN W/B / .

Tvar a rozměry zkušební tělesa jsou uvedeny na obr. 2.4 .



obr. 2.4

Tloušťka B musí být vybrána tak, aby splňovala podmínku :

$$\frac{B}{W} = 0,1 \text{ až } 0,4 \quad / 2.16 /$$

Celková délka trhliny  $a$ , tvořená zářezem zakončeným  $\nabla$  vrubem s iniciační trhlinou, musí být 0,35W až 0,45W, přičemž minimální hloubka vrubu  $a_1 \text{ min} = a/2$ , a délka iniciační trhliny  $a_2 = 3$  až 15 mm. Přednostně nutno použít zkušební tělesa o šířce  $W = 30$  a 25 mm .

Pro zajištění podmínky převládající rovinné deformace je nutno,

aby délka trhliny a tloušťka zkušebního tělesa splňovala podmínku :

$$a \geq \left( \frac{K_{Ic}}{\sigma_F} \right)^2 \cdot 2,5 \quad ; \quad B \geq 2,5 \left( \frac{K_{Ic}}{\sigma_F} \right)^2 \quad / 2.17 /$$

kde za  $\sigma_F$  dosazujeme  $\sigma_{0.2}$  / stanovené podle ČSN 64 0605 na tělese typu 2 / , odpovídající trvalému poměrnému prodloužení = 0,2 % .

Šířka zářezu N musí být menší nebo rovna 0,1W .

Délka trhliny  $a$  změřená na obou lících / plochách / zkušebního tělesa se smí lišit maximálně o 5% W . Nesmí dojít k rozvětvení trhliny a k odklonu od roviny kolmé k podélné ose tělesa o více než 5° .

### 2.3.3 Zkušební zařízení.

Pro zkoušku lomové houževnatosti je vhodné použít zařízení o velké tuhosti a s konstantním posuvem bez ohledu na změny zatěžovací síly.

Signál síly musí mít lineární charakteristiku s přesností alespoň 1%.

Snímač rozevření trhliny / viz. kapitola 4 / smí na zkušební těleso působit silou nejvýše 1N. Jeho počáteční snímaná délka má být 3 až 6 mm, linearita s přesností větší než 1% hodnoty maximálního rozevření v rozsahu změny rozevření 0,2 až 6 mm.

K provedení záznamu je vhodné použít souřadnicový zapisovač. Rozsah obou os je vhodné zvolit tak, aby sklon lineární části záznamu byl asi 45° až 60° a aby bylo využito alespoň 2/3 plochy formátu A4.

### 2.3.4 Postup zkoušky.

Před zkouškou je nutno :

- změřit tloušťku B před vrcholem iniciační trhliny s přesností  $\pm 0,05$  mm // iniciační trhlina vyrobena dle čl. 11 normy /
- změřit šířku W s přesností  $\pm 0,1$  mm a vzdálenost os zatěžovacích otvorů s přesností  $\pm 0,1$  mm .
- změřit celkovou délku trhliny  $a$  na obou lících plochách