POLITECHNIKA KRAKOWSKA **WYDZIAŁ MECHANICZNY** **INSTYTUT MECHANIKI STOSOWANEJ**	
Zakład Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki	

Imię i nazwisko:	
Nr grupy:	Rok ak.:
Zespół:	Data ćwicz.:
Ocena:	Podpis:
Uwagi:	

LABORATORIUM WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW

Ćwiczenie nr 16

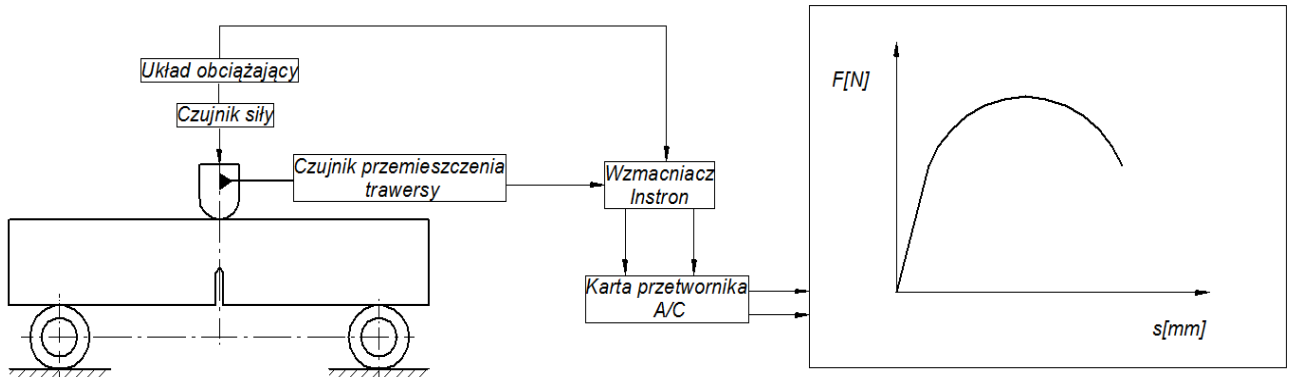
MECHANIKA PĘKANIA.
ZNORMALIZOWANY POMIAR ODPORNOŚCI MATERIAŁÓW NA PĘKANIE.

Maszyna wytrzymałościowa:.....

Materiał i typ próbki:.....

Rodzaj przeprowadzonego testu:.....

1. Schemat stanowiska pomiarowego do wyznaczania odporności materiałów na pękanie:



Próbka z karbem jednostronnym do trójpunktowego zginania (ang. SENB - Single Edge Notched Bend specimen)

Wykres siły F w funkcji przemieszczenia trawersy maszyny wytrzymałościowej - F(s)

2. Wymiary geometryczne próbki oraz znormalizowane parametry pomiaru odporności materiału na pękanie (oznaczenia zgodne z normą ISO 13586:2000E)

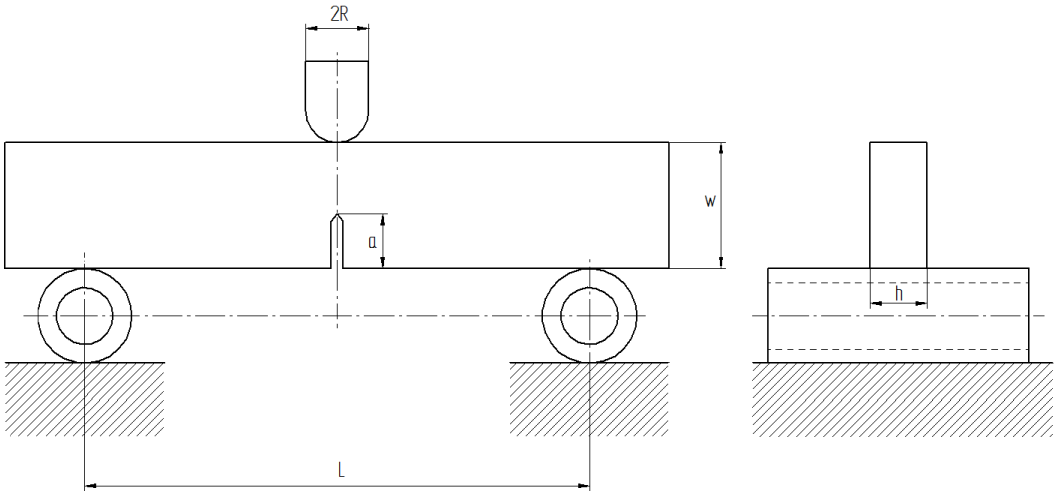


Tabela 1

Wymiary próbki		
Parametr	**Oznaczenie**	**Jednostka**
Grubość próbki	$h =$	
Wysokość próbki	$w =$	
Długość szczeliny	$a =$	
Rozstaw podpór	$L =$	
Promień krzywizny elementu obciążającego	$R =$	
Własności badanego materiału		
Moduł sprężystości dla jednoosiowego rozciągania	$E_t =$	
Współczynnik Poissona	$\mu =$	
Moduł sprężystości w płaskim stanie odkształceń (PSO)	$E =$	
Granica plastyczności	$\sigma_y =$	
Parametry testu		
Prędkość przesuwu ławy maszyny wytrzymałościowej	$V_t =$	
Częstotliwość próbkowania	$f_s =$	
Temperatura otoczenia	$T =$	
Parametry wyznaczone podczas testu		
Współczynnik kalibracji dla energii	$\phi(a/w) =$	
Współczynnik kalibracji zależny od geometrii próbki	$f(a/w) =$	
Siła maksymalna	$F_{\max} =$	
Siła przy której następuje inicjacja szczeliny	$F_Q =$	
Energia przy której następuje inicjacji szczeliny	$W_B =$	
Wyznaczona krytyczna szybkość uwalniania energii	$G_Q =$	
Wyznaczony współczynnik intensywności naprężeń	$K_Q =$	
Długość charakterystyczna strefy plastyczności	$\bar{r} =$	
Sprawdzenie poprawności kryteriów	$h > 2{,}5 \cdot \bar{r}$	
	$a > 2{,}5 \cdot \bar{r}$	
	$(w-a) > 2{,}5 \cdot \bar{r}$	

3. Słownik i definicje:

- **Szybkość uwalniania energii** $G\left[\frac{J}{m^2}\right]$: zmiana pracy sił zewnętrznej ∂U_{ext} oraz energii odkształceń ∂U_S w odniesieniu do zmiany powierzchni szczeliny ∂A.

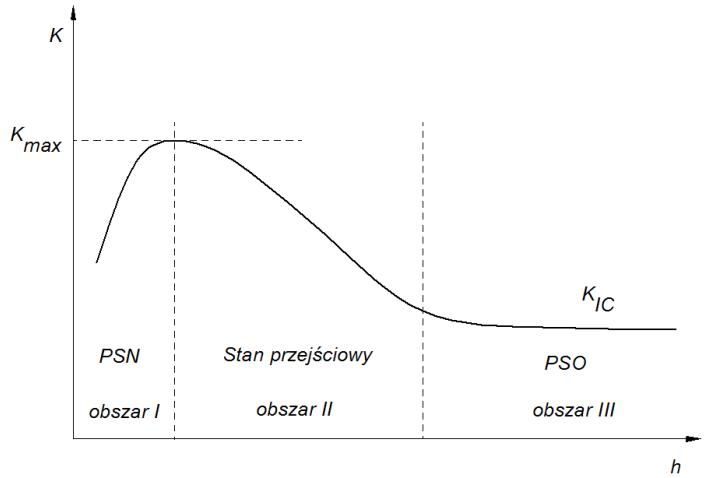
$$G = \frac{\delta U_{ext}}{\delta A} - \frac{\delta U_S}{\delta A}$$

- **Krytyczna szybkość uwalniania energii** $G_{IC}\left[\frac{J}{m^2}\right]$: aby nastąpił niekontrolowany rozwój pęknięcia G musi osiągnąć pewną krytyczną wartość.

- **Współczynnik intensywności naprężeń** $K\left[Pa\cdot\sqrt{m}\right]$: charakteryzuje pole naprężeń wokół szczeliny dla ciał liniowo-sprężystych.

$$K = \lim_{r\to 0} \sigma(r)\times\sqrt{2\pi r}\left[Pa\cdot\sqrt{m}\right]$$

- **Krytyczny współczynnik intensywności naprężeń** $K_{IC}\left[Pa\cdot\sqrt{m}\right]$: jest silnie zależny od grubości h badanego elementu . Współczynnik ten, tylko dla płaskiego stanu odkształceń (PSO) w obszarze szczeliny możemy traktować jako stałą materiałową (Rys.1).



Rys. 1 Wpływ grubości próbki h na wartość współczynnika intensywności naprężeń K

- Istnieje zależność pomiędzy krytycznym współczynnikiem intensywności naprężeń K_{IC} oraz krytyczną szybkością uwalniania energii G_{IC} .

$$G_{IC} = \frac{K_{IC}^{\ 2}}{E}$$

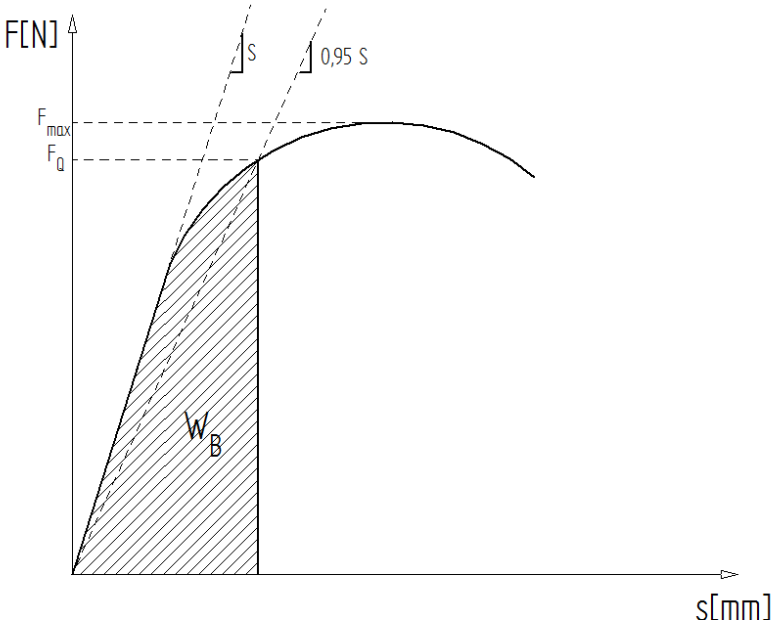
E - jest modułem sprężystości określonej dla PSO.

$$E = \frac{E_t}{1-\mu^2}$$

E_t - jest modułem wyznaczonym podczas jednoosiowego rozciągania (ISO 527-1).

μ - jest współczynnikiem Poissona (ISO527-1).

- **Siła przy której następuje inicjacja szczeliny** $F_Q[N]$: wartość tej siły utożsamiana jest z początkiem procesu pękania. Sposób wyznaczania F_Q przedstawiony jest na Rys.2..



Rys. 2 Wykres siły F *w funkcji przemieszczenia trawersu maszyny wytrzymałościowej* s *.*
Sposób wyznaczania parametrów F_Q *oraz* W_B

- **Energią inicjacji szczeliny** $W_B[J]$: parametr określamy na podstawie wykresu $F-s$ (Rys.2).
- **Współczynniki kalibrujące:** $f(a/w)$ - współczynnik kalibrujący zależny od geometrii; $\phi(a/w)$ - współczynnik kalibrujący zależny od energii.

a/w	f	ϕ
0,05	2,50	1,502
0,10	3,39	0,857
0,15	4,07	0,641
0,20	4,70	0,526
0,25	5,36	0,449
0,30	6,09	0,391
0,35	6,93	0,345
0,40	7,93	0,307
0,45	9,14	0,275
0,50	10,65	0,246
0,55	12,57	0,220
0,60	15,09	0,195
0,65	18,51	0,170
0,70	23,40	0,145
0,75	30,84	0,120
0,80	43,21	0,096
0,85	66,76	0,072
0,90	123,30	0,049
0,95	351,62	0,025

- **Wyznaczona krytyczna szybkość uwalniania energii** $G_Q\left[\frac{J}{m^2}\right]$

$$G_Q = \frac{W_B}{h \cdot w \cdot \phi(a/w)}$$

- **Wyznaczony współczynnik intensywności naprężeń** $K_Q\left[Pa \cdot \sqrt{m}\right]$

$$K_Q = f(a/w)\frac{F_Q}{h \cdot \sqrt{w}}$$

- **Długość charakterystyczna strefy plastyczności** $\bar{r}[m]$

$$\bar{r} = \frac{K_Q{}^2}{\sigma_y^2}$$

- **Kryterium PSO dla próbki z karbem jednostronnym poddanej trójpunktowemu zginaniu**

$$h > 2,5 \cdot \bar{r}$$
$$a > 2,5 \cdot \bar{r}$$
$$(w - a) > 2,5 \cdot \bar{r}$$

Zadania do wykonania:

a. Zrealizować trójpunktowe zginanie próbki z karbem jednostronnym z zapisem przebiegów czasowych siły F przyłożonej do próbki oraz przemieszczenia s trawersy maszyny wytrzymałościowej.
b. Sporządzić wykres F-s.
c. Wyznaczyć charakterystyczne parametry odporności materiału na pękanie określonych przez normę ISO 13586, podanych w Tabeli 1.
d. Sprawdzić czy próba spełniła kryteria związane z PSO.

Pytania kontrolne:

a. Co to jest mechanika pękania i co możemy dzięki niej badać?
b. Wyjaśnij następujące pojęcia:
   - szybkość uwalniania energii,
   - współczynnik intensywności naprężeń.
c. Jakie znaczenie ma spełnienie kryterium dotyczącego strefy plastyczności.
d. Omówić normę: ISO13586 ” Tworzywa sztuczne- wyznaczanie odporności materiałów na pękanie (G_{IC} i K_{IC}) w ujęciu liniowej mechaniki pękania”.