POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
Wydziałowy Zakład Wytrzymałości Materiałów
Laboratorium Wytrzymałości Materiałów

Imię i Nazwisko .....
Wydział .....
Rok ..... Grupa .....
Data ćwiczenia .....

ĆWICZENIE 15

WYZNACZANIE ODPORNOŚCI MATERIAŁÓW NA PĘKANIE (K_{IC})

---

1. Przedmiot ćwiczenia

1.1 Przedmiotem ćwiczenia są metody doświadczalne stosowane w liniowej mechanice pękania, to jest operujące miarą ciągliwości materiału w postaci K_{IC}.

1.2 Ćwiczenie dotyczy materiałów, które są kruche, a próbki spełniają normy E399.

2. Cel i zakres ćwiczenia

2.1 Ćwiczenie obejmuje badanie próbek z karbem, w dnie którego wytworzone zostało wstępne, ostro zakończone pękniecie zmęczeniowe.

3. Zalecenia

3.1 Zalecanym rodzajem próbek są próbki kompaktowe.
3.2 Zalecane jest stosowanie próbek o grubości **B** podanej w tabeli zamieszczonej w materiałach dodatkowych do sprawozdania.
3.3 Zalecana, początkowa względna długość pęknięcia $\mathbf{a_w}$ tych próbek powinna mieścić się w zakresie: $0{,}45 < a/W < 0{,}55$.

4. **Opracowanie wykresu z próby K_{IC}**

Wykres siły w funkcji rozwarcia szczeliny

5. Własności badanego materiału oraz wymiary próbki i karbu

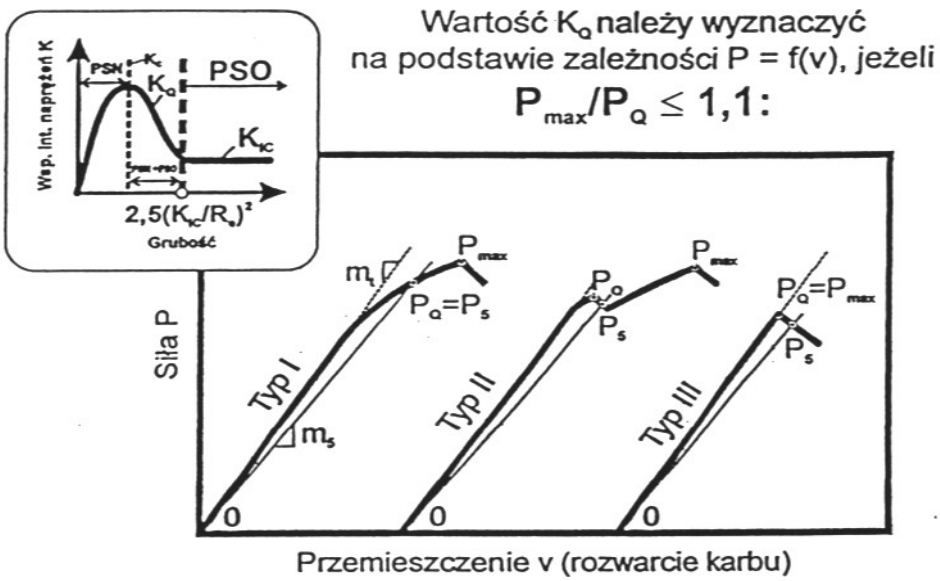
Badany materiał	AW 7075
Granica plastyczności $R_{p\,0,2}$ [MPa]	501
Moduł Younga E [MPa]	66 000
$(R_{p\,0,2}/E) \times 10^3$	
Orientacyjna wymagana grubość próbki $B_{min.}$ [mm] *(wg tab.2)*	
Grubość próbki B [mm]	
Efektywna szerokość próbki W [mm]	
Początkowa długość szczeliny a' (w odl. ¼ *B)* [mm] *(wg rys. 2)*	
Początkowa długość szczeliny a'' (w odl. ½ *B)* [mm]	
Początkowa długość szczeliny a''' (w odl. ¾ *B)* [mm]	
Średnia początkowa długość szczeliny a [mm]	
Początkowa długość szczeliny na powierzchni zewnętrznej a_A [mm] *(wg rys. 2)*	
Początkowa długość szczeliny na drugiej powierzchni zewnętrznej a_B [mm]	
Różnica między długościami szczeliny na powierzchniach zewn. $a_A - a_B$ [mm]	
Różnica m.dł.szczeliny na powierzchni zewn.i wartością średnią $a_A - a$ [mm]	
Różnica m.dł. szczeliny na drugiej pow. zewn.i wartością średnią $a_B - a$ [mm]	
Czy spełnione są warunki: $\lvert a_A - a_B \rvert < 0{,}1a$, $\lvert a_A - a \rvert < 0{,}15a$, $\lvert a_B - a \rvert < 0{,}15a$?	

6. Obliczenia

(a) Opracowanie wykresu pękania	
Pochylenie prostoliniowego odcinka siły m_t ($m = tg\alpha$)	
Pochylenie prostej pomocniczej m_5 ($m_5 = 95\%\ m_t$)	
Siła w miejscu przecięcia się wykresu siły z linią m_5 – siła P_5 [N]	
Siła maksymalna P_{max} [N]	
Wybrana wartość siły P_Q [N]	
(b) Dane do określania intensywności naprężeń	
Względna długość pęknięcia a/W	
Czy jest spełniony warunek $0{,}45 < a/W < 0{,}55$?	
Współczynnik f (a/W) *(wg. tab. 1)*	
Współczynnik intensywności naprężeń w momencie pękania K_Q	[ ]
(c) Analiza płaskiego stanu odkształcenia i płaskiego stanu naprężenia	
$2{,}5\,(K_Q/R_e)^2$	[ ]
Czy $2{,}5\,(K_Q/R_e)^2$ jest mniejsze niż a i B?	
P_{max}/P_Q	
Czy P_{max}/P_Q jest mniejsze od 1,1?	
Stwierdzono płaski stan odkształcenia (PSO) czy płaski stan naprężenia (PSN)?	
(d) Określenie wielkości strefy uplastycznienia oraz wyniki końcowe	
Dla płaskiego stanu odkształcenia:	
Wielkość strefy uplastycznienia r_o $(r_o = (K_Q/R_e)^2/6\pi)$	[ ]
Odporność na pękania dla płaskiego stanu odkształcenia: $K_{IC} = K_Q$	[ ]
Dla płaskiego stanu naprężenia:	
Wielkość strefy uplastycznienia r_o $(r_o = (K_Q/R_e)^2/2\pi)$	[ ]
Czy są spełnione warunki liniowej mechaniki pękania: $4r_o < a, (W - a), B$?	
Jeżeli tak, to czym jest $K_C = K_Q$?	

MATERIAŁY DODATKOWE

Typy i parametry uzyskiwanych wykresów



$$K_Q = \left(\frac{P_Q}{BW^{1/2}}\right) f\left(\frac{a}{W}\right)$$

Wyznaczanie odporności materiału na pękanie
w płaskim stanie odkształcenia.
Wartość K_{Ic} odpowiada wartości K_Q jeżeli są spełnione
następujące nierówności:

$$a \geq 2,5\left(\frac{K_Q}{R_e}\right)^2 \qquad B \geq 2,5\left(\frac{K_Q}{R_e}\right)^2$$

Niespełnienie powyższych warunków
wymaga powtórzenia badań na próbkach
o większej grubości

Tab. 1

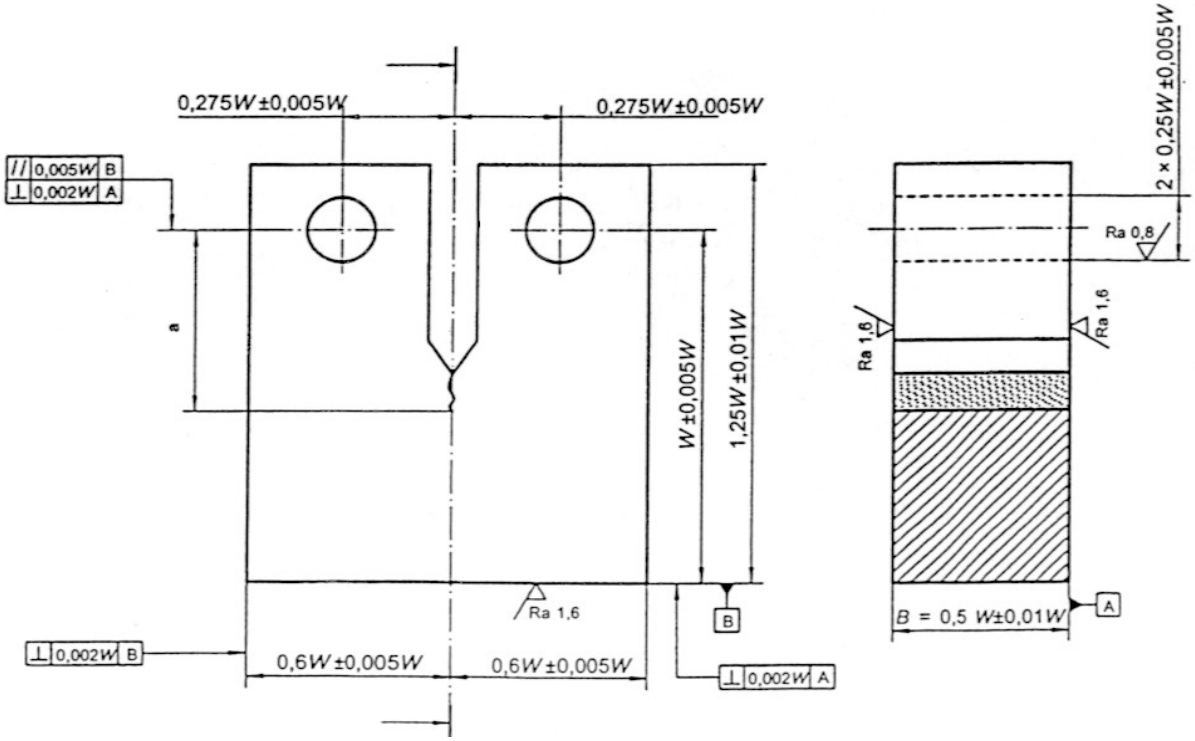
Wartość współczynników $f(\frac{a}{W})$ w funkcji$(\frac{a}{W})$

$\frac{a}{W}$	$f_1(\frac{a}{W})$	$f_2(\frac{a}{W})$	$f_3(\frac{a}{W})$	$\frac{a}{W}$	$f_1(\frac{a}{W})$	$f_2(\frac{a}{W})$	$f_3(\frac{a}{W})$
0.450	2.29	8.34	6.32	0.505	2.70	9.81	7.45
0.455	2.32	8.46	6.42	0.510	2.75	9.96	7.57
0.460	2.35	8.58	6.51	0.515	2.79	10.12	7.69
0.465	2.39	8.70	6.60	0.520	2.84	10.29	7.81
0.470	2.43	8.83	6.70	0.525	2.89	10.45	7.94
0.475	2.46	8.96	6.80	0.530	2.94	10.65	8.07
0.480	2.50	9.09	6.90	0.535	2.99	10.80	8.20
0.485	2.54	9.23	7.01	0.540	3.04	10.98	8.34
0.490	2.58	9.37	7.11	0.545	3.09	11.17	8.48
0.495	2.62	9.51	7.22	0.550	3.14	11.36	8.62
0.500	2.66	9.66	7.33				

f_1 – dla próbek zginanych trójpunktowo,
f_2 – dla próbek typu compact,
f_3 – dla próbek typu C

Próbka do badań

Wyznaczanie odporności na pękanie K_{IC} odbywa się z popraez rozciąganie próbki zwartej (typu *compact*), w której przekroju poprzecznym wprowadzona jest nieciągłość w postaci pęknięcia zmęczeniowego (szczelina o bardzo małym promieniu zaokrąglenia dna karbu). Wymiary próbki zwartej należy dobrać zgodnie z rysunkiem 1.



Rys. 1. Schemat próbki typu *compact* (wg. PN-EN ISO 12737:2006)

Określanie minimalnej grubości próbki (B)

Aby wyniki badań były zgodne z teorią liniowo-sprężystej mechaniki pękania, grubość próbki (B) powinna przekraczać wartość 2,5 $(K_{IC}/R_{p0,2})^2$. Jednak przed wykonaniem próby wartość K_{IC} nie jest znana, dlatego też korzysta się z tabeli określającej przybliżoną grubość próbki w zależności od własności mechanicznych badanego materiału:

Tab. 2 Orientacyjna grubość próbki w zależności od stosunku $R_{p\,0,2}/E$

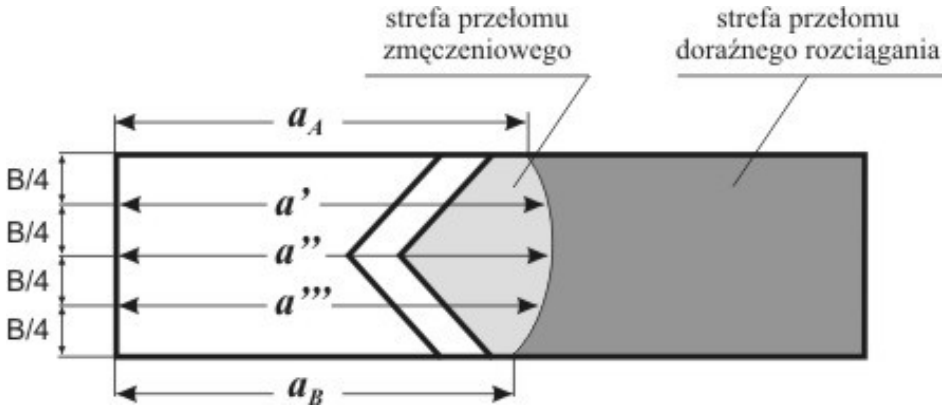
$R_{p0,2}/E \times 10^3$	B [mm]	$R_{p0,2}/E \times 10^3$	B [mm]
5,0 – 5,7	75	7,1 – 7,5	32
5,7 – 6,2	63	7,5 – 8,0	25
6,2 – 6,5	50	8,0 – 8,5	20
6,5 – 6,8	44	8,5 – 10,0	12
6,8 – 7,1	38	pow. 10	7

gdzie: $R_{p0,2}$ – umowna granica plastyczności materiału dla danej temperatury badania,
E – moduł Younga

Pomiar wielkości karbu
(początkowej długości pęknięcia *a*)

Pomiaru początkowej długości pęknięcia ***a*** dokonuje się po pęknięciu próbki w trzech pozycjach: w środku grubości próbki i w dwóch miejscach oddalonych od bocznych powierzchni zewnętrznych próbki o ¼ grubości próbki (rys.2). Jako długość szczeliny przyjmuje się średnią z tych pomiarów.

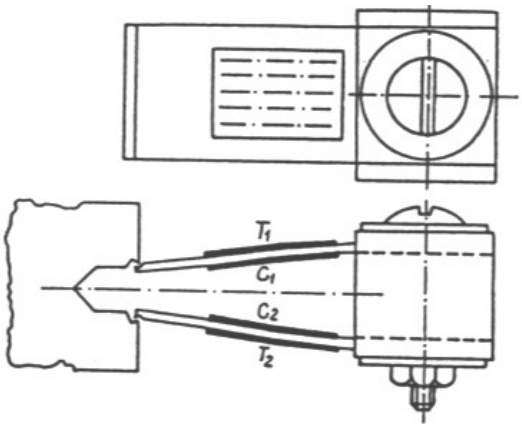
Długość szczeliny zmęczeniowej zmierzyć należy również na obu powierzchniach zewnętrznych. W przypadku daszkowego karbu początkowego szczelina zmęczeniowa powinna wychodzić z dna karbu na obie powierzchnie. Ponadto, żaden pomiar długości szczeliny zmęczeniowej na powierzchni próbki nie powinien różnić się od średniej długości szczeliny o więcej niż 15%, a różnica między nimi nie powinna przekraczać 10% średniej długości szczeliny.



Rys. 2. Miejsca pomiaru długości szczeliny początkowej po pęknięciu próbki.

Sposób rejestracji przemieszczeń

Podczas próby dokonuje się rejestracji siły obciążającej *P* w funkcji rozwarcia szczeliny *v*. W tym celu w krawędzie szczeliny wpina się tensometryczny czujnik przemieszczeń, składający się z oddzielonych kostką dystansową dwóch sprężystych beleczek z naklejonymi czujnikami tensometrycznymi. Czujnik powinien mieć liniową charakterystykę dla 5-6 mm.



Rys. 3. Czujnik tensometryczny do pomiaru rozwarcia krawędzi próbki.