

## 9 Meccanica della frattura

Vi sono dei casi in cui strutture anche di grandi dimensioni cedono istantaneamente dividendosi in due parti per propagazione istantanea di una frattura preesistente.

Questo tipo di cedimento si evidenziò quando si diffusero le costruzioni saldate in campo navale (anni 20-30). vedi le figg. 40 e 41

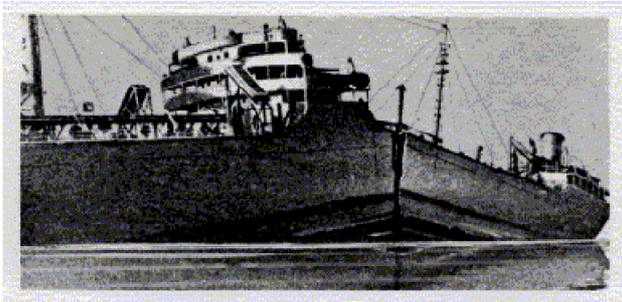


Figura 40: Rottura di schianto della petroliera Schenechtady (ma secondo altri era una nave da trasporto), causata da una frattura innescatasi in corrispondenza della giunzione con il corso di cinta di una piastra irrigidente a dritta il ponte di coperta. Portland, Oregon, 16 gennaio 1942. Da F. Manna, *Storia della saldatura*.

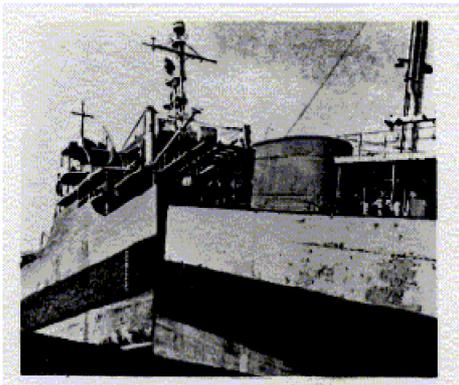


Figura 41: Nave da carico spaccatasi in due appena rientrata in bacino. Da F. Manna, *Storia della saldatura*.

L'aspetto delle due superfici di frattura è netto, di tipo fragile, senza traccia di grandi deformazioni nè di strizione.

Il difetto da cui simili catastrofi traggono origine è un difetto di saldatura o anche causato dall'azione di un carico ripetuto (fatica) e si presenta come una lesione capillare, al cui apice il raggio di curvatura è piccolissimo.

Tale difetto non si presta ad essere trattato con la teoria dell'elasticità; infatti questa predice all'apice della cricca una tensione infinita, che quindi dovrebbe produrre la frattura in ogni caso; invece si constata che una cricca può rimanere dormiente anche sotto sollecitazioni non trascurabili per poi attivarsi improvvisamente.

## 9.1 TRATTAZIONE ENERGETICA

La propagazione di una cricca richiede energia per la creazione delle nuove superfici di frattura; l'energia richiesta è proporzionale all'area delle nuove superfici e dipende dal materiale.

Durante la propagazione c'è però una liberazione di energia dovuta al fatto che le zone immediatamente a monte e a valle della cricca sono scariche; nella propagazione man mano che la cricca avanza cresce la zona scarica per cui l'energia che in essa era immagazzinata si rende disponibile.

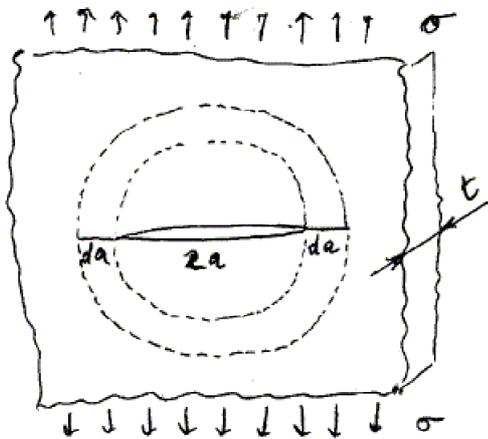


Figura 42: Geometria della propagazione di una cricca in una lastra infinita

Si guardi la fig. 42: nell'esempio di una fessura passante in una lastra di spessore  $t$ , sottoposta ad una tensione  $\sigma$ , per effetto di un'allungamento  $da$  da ciascuna delle due parti si ha un assorbimento di energia

$$dU = 4Rtda,$$

in cui  $R$  è l'energia necessaria per creare una superficie di area unitaria, per effetto della creazione di 4 nuove superfici, mentre si ha una liberazione di energia che si può grossolanamente stimare ipotizzando che la parte scaricata sia una corona circolare di raggio interno  $a$  e spessore  $da$  e che in essa ci fosse solo sforzo normale, quindi

$$dW = \frac{1}{2}\sigma\epsilon 2\pi t a da = \frac{1}{2E}\sigma^2 2\pi t a da.$$

Se  $dW < dU$  un aumento istantaneo  $da$  della lunghezza della cricca, causato per esempio da un'azione esterna, sarebbe sfavorito energeticamente, per cui si richiuderebbe istantaneamente.

Se invece  $dW > dU$  la crescita della frattura sarebbe favorita, per cui proseguirebbe fino alla divisione del pezzo in due parti.

Quest'ultima condizione si scrive:

$$\sigma^2 a > \text{cost.}$$

La costante che qui compare dipende solo dal materiale.

Per ragioni storiche questa espressione viene scritta prendendo la radice quadrata di entrambi i membri e facendo comparire un fattore numerico

$$\sigma\sqrt{\pi a} > K_{Ic}$$

La quantità a primo membro si chiama fattore di intensità degli sforzi  $K_I$  relativa all'organo considerato; essa si presenta, a parte fattori numerici, come il prodotto di una tensione caratteristica della situazione considerata per la radice di un fattore geometrico che è una dimensione caratteristica del pezzo.

Per il calcolo del fattore di intensità degli sforzi in vari casi si veda la figura 44.

Il fattore  $K_{Ic}$  a secondo membro si chiama tenacità alla frattura ed è caratteristico del materiale. Varie tenacità alla frattura sono riportate in tabella.

Il pedice  $I$  che compare nel simbolo del fattore di intensità degli sforzi e nella tenacità alla frattura si riferisce al primo modo di frattura. Si distinguono il modo primo (quello dell'esempio) in cui la forza agente sull'apice della frattura è normale sia al piano della frattura che all'apice, il modo secondo in cui la forza agente sull'apice della frattura è parallela al piano della frattura ma normale all'apice e il modo terzo in cui la forza agente sull'apice della frattura è parallela all'apice. Vedasi la figura 43.

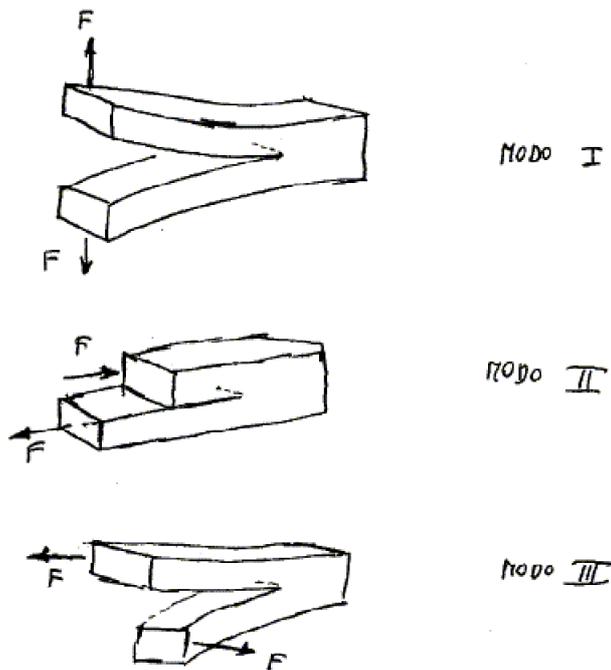


Figura 43: Modi di frattura

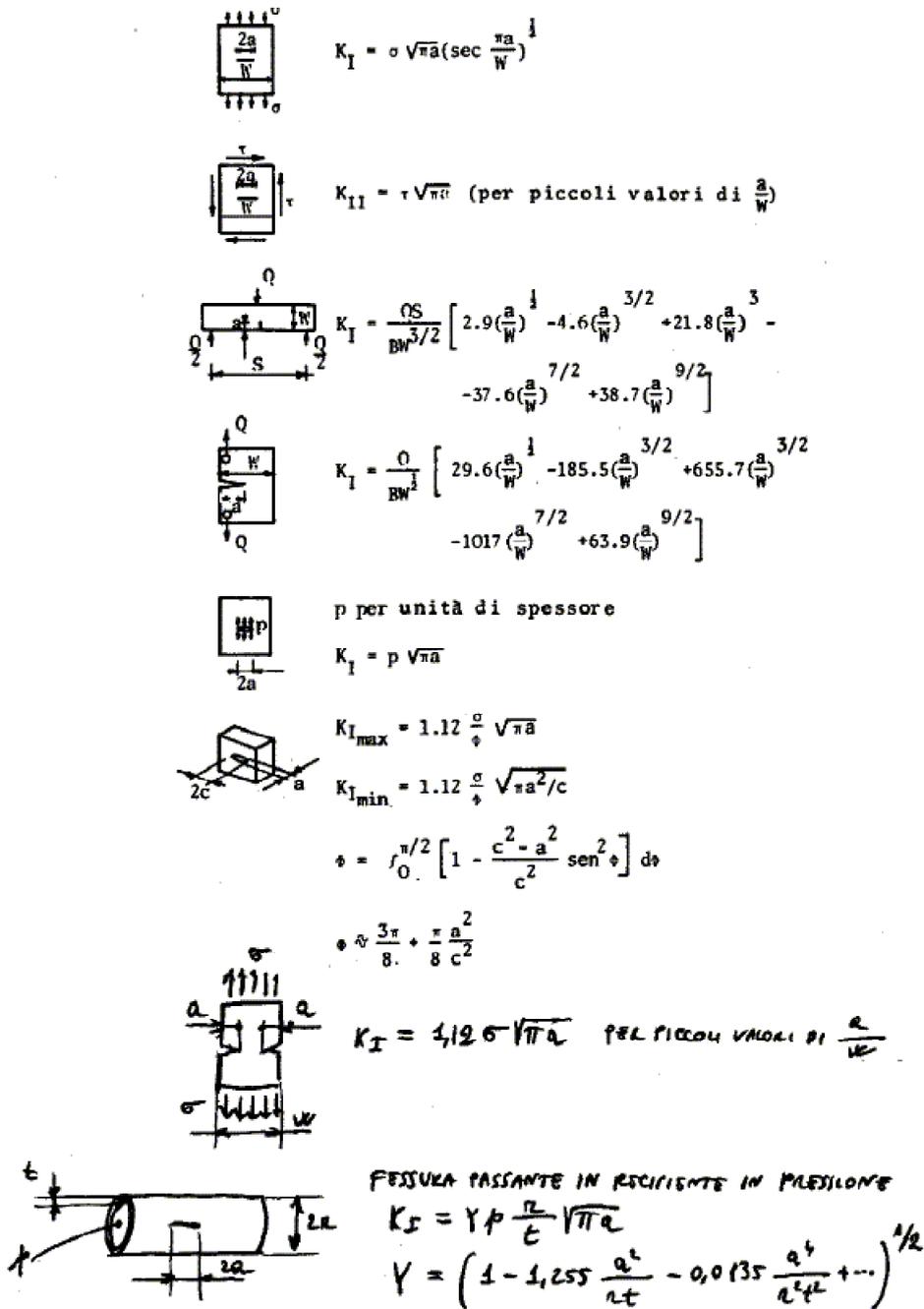


Figura 44: Formule di K in alcuni casi tipici

Tabella 8: Resistenza a frattura. Si ricorda che  $1 \text{ ksi} = 6.895 \text{ MPa}$  e  $1 \text{ ksi} \sqrt{\text{in}} = 1.099 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ .

Materiale	Tensione di rottura	Tenacità alla frattura
	$\sigma_u/\text{ksi}$	$K_{Ic}/\text{ksi}\sqrt{\text{in}}$
A517 Steel (AM)	120	170
AISI 4130 Steel (AM)	170	100
AISI 4340 Steel (VAR)	300	40
AISI 4340 Steel (VAR)	280	40
AISI 4340 Steel (VAR)	260	45
AISI 4340 Steel (VAR)	240	60
AISI 4340 Steel (VAR)	220	75
300 M Steel (VAR)	300	40
300 M Steel (VAR)	280	40
300 M Steel (VAR)	260	45
300 M Steel (VAR)	240	60
300 M Steel (VAR)	220	75
B6AC Steel (VAR)	240	40-90
N-11 Steel (VAR)	320	30
N-11 Steel (VAR)	300	40
N-11 Steel (VAR)	280	45
12Ni - 5 Cr - 3Mo Steel (VAR)	190	220
18Ni (300) Maraging Steel (VAR)	290	50
18Ni (250) Maraging Steel (VAR)	260	85
18Ni (200) Maraging Steel (VAR)	210	120
18Ni (180) Maraging Steel (VAR)	195	160
9 Ni - 4Co - 0.3C Steel (VAR)	260	60
Al 2014 - T651	70	23
Al 2024 - T851	65	23
Al 2219 - T851	66	33
Al 2618 - T651	64	32
Al 7001 - T75	90	25
Al 7075 - T651	83	26
Al 2014 - T651	78	29
Al 2014 - T651	83	24

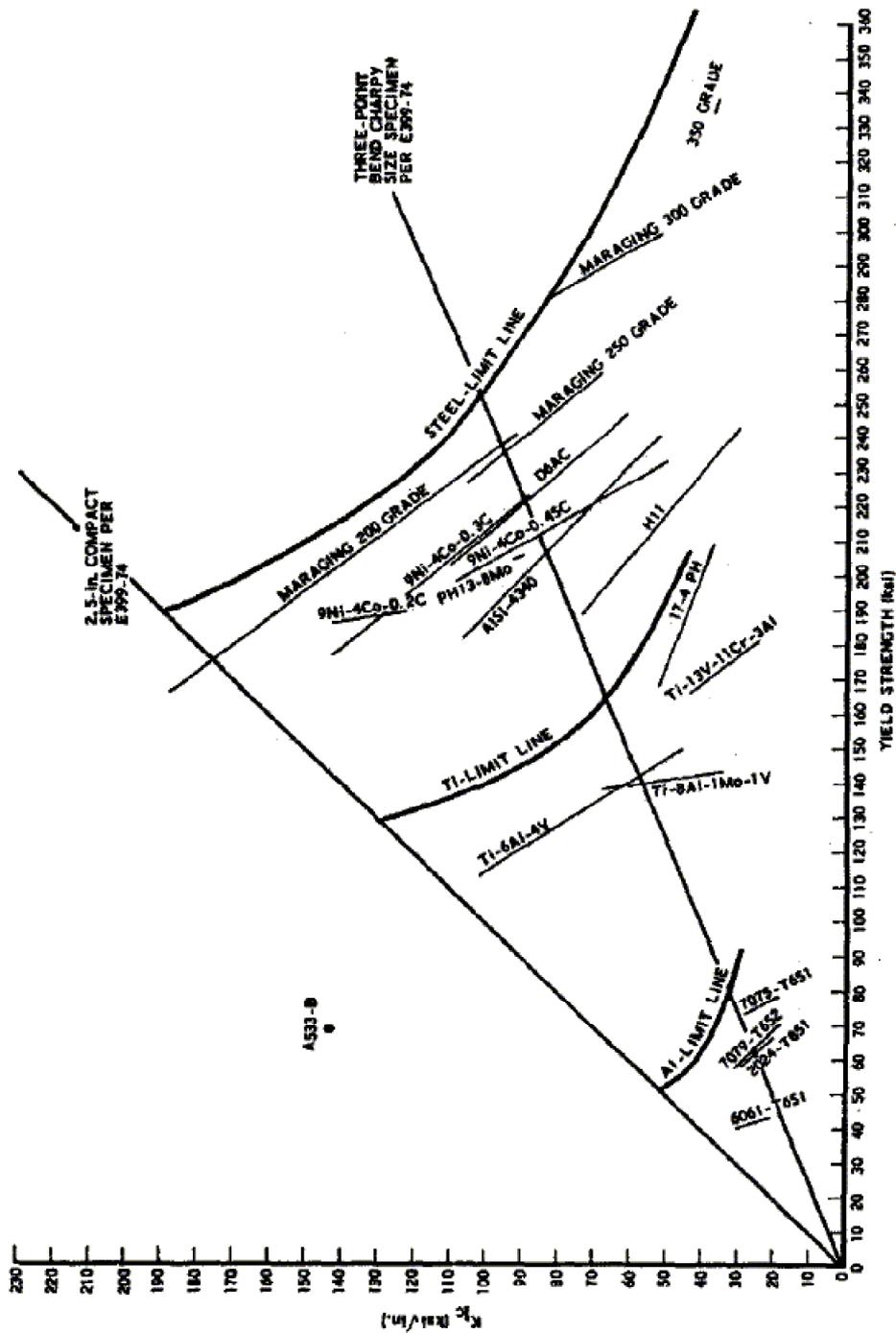
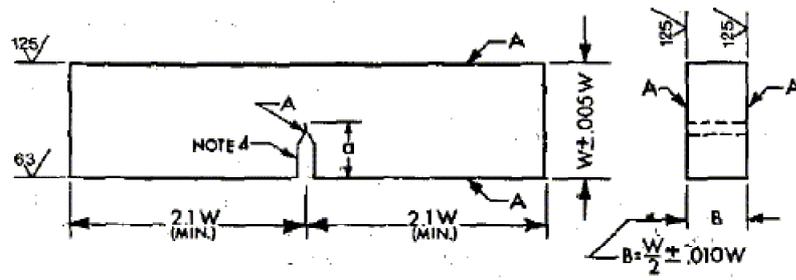


Figura 45: Valori di  $K_{Ic}$  a temperatura ambiente per alcuni materiali strutturali. Da "Rapid Inexpensive Tests for Determining Fracture Toughness, National Academy of Sciences, Washington D.C., 1976.



- NOTE 1—A surfaces shall be perpendicular and parallel as applicable within  $0.001 W$  TIR.
- NOTE 2—Crack starter notch shall be perpendicular to specimen surfaces to within  $\pm 2^\circ$ .
- NOTE 3—Integral or attachable knife edges for clip gage attachment may be used (see Figs. 5 and 6).
- NOTE 4—For starter notch and fatigue crack configurations see Fig. 7.

Figura 46: Provino di flessione