

XVII CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA
PER L'ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI
Ancona, 12-16 settembre 1989

INFLUENZA DELLA GEOMETRIA DELLA PROVETTA E DI ALCUNI PARAMETRI
DI CARICO SULLA PROPAGAZIONE DEL DANNO DI FATICA

De Iorio A. ^{*}, Florio G. ^{**}, Giudice G. ^{*}, Soprano A. ^{*}

^{*} Istituto Costruzione di Macchine, Fac. di Ingegneria - Napoli

^{**} Istituto Sperimentale delle Ferrovie dello Stato - Roma

Parole chiave : Propagazione, Legge di Paris

SOMMARIO

Vengono qui presentati i primi risultati di un'indagine sperimentale volta a definire, per l'acciaio 30 Ni Cr Mo V 12, la dipendenza funzionale delle "costanti" dell'equazione di Paris dalla geometria della provetta, dal rapporto di tensione R e dalla frequenza di prova.

L'analisi di tali risultati, condensati in una serie di diagrammi, consente di effettuare una prima significativa previsione sul tipo di legame tra dette "costanti" e i parametri di prova, per il materiale preso in considerazione.

ABSTRACT

We show the first results of an experimental research devoted to define, for 30 Ni Cr Mo V 12 Steel, the functional dependence of the Paris equation "constants" from the specimen geometry, the stress ratio R and the load frequency. By means of the analysis of the said results, condensed in a set of plots, we can carry out a first-approach forecast about the kind of relationships between the said "constants" and the test parameters, for the considered material.

1. INTRODUZIONE

E' noto da anni, ormai, che la velocità di propagazione per fatica di una cricca, da/dN , dipende principalmente dal campo di variazione del fattore di intensità delle tensioni, ΔK , secondo un modello del tipo proposto da Paris [1]:

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^m$$

E' noto altresì che le "costanti" contenute in un simile modello dipendono non solo dal materiale, ma anche da fattori ambientali, dal rapporto di tensione, dalla frequenza di applicazione del carico e dalla geometria del componente interessato [2 - 6 ad es.] . Tuttavia, non ci risulta sia stato eseguito un tentativo di correlazione di questi parametri atto a fornire, a chi ne avesse bisogno, uno strumento analitico per una rapida e precisa valutazione delle "costanti", almeno per un particolare materiale, in una qualsivoglia condizione di carico e di geometria del componente in esame.

Col presente lavoro si vorrebbe offrire un contributo in questa direzione. Con esso, infatti, viene individuato, per il materiale prescelto, un primo legame tra dette "costanti" e il rapporto di tensione, per un assegnato valore della frequenza di prova e per due valori dello spessore dei campioni. Il tutto rientra nel quadro di un'indagine più ampia, volta a definire, in termini deterministici e statistici, il comportamento del materiale preso in considerazione, sotto carichi comunque variabili [7 - 13].

2. ARTICOLO E MODALITA' DI PROVA

L'acciaio utilizzato è un 30 Ni Cr Mo V 12, impiegato, tra l'altro, da tempo nel settore ferroviario, appositamente prodotto per una serie di ricerche, programmate e, finora, parzialmente svolte in collaborazione tra l'Università di Napoli e l'Istituto Sperimentale delle F. S. di Roma, il cui scopo fondamentale è l'individuazione di un criterio di valutazione del danno di fatica in qualsivoglia condizione di carico [7].

La sua preparazione, necessariamente molto accurata [9], ci ha consentito di utilizzare un modesto numero di campioni per le prove di propagazione, risultando la dispersione attribuibile alla qualità del materiale [11] inferiore a quella determinata dalle variazioni dei parametri di prova.

La geometria delle provette, schematizzata nella fig. 1, deriva dalla scelta del semilavorato di partenza, che è lo stesso barrotto impiegato nell'anzidetto programma di ricerca. Il taglio dei barrotti, per le attuali prove, è stato effettuato nella direzione ortogonale a quella di laminazione degli stessi. Per tale geometria la letteratura [14] fornisce la seguente espressione per il fattore di intensità delle tensioni, K :

$$K = \frac{F}{B} \frac{(2 + x) (0.76 + 4.8 x - 11.58 x^2 + 11.43 x^3 - 4.08 x^4)}{W^{1/2} (1-x)^{3/2}} \quad (1)$$

dove F è la forza applicata, B lo spessore, a la lunghezza della cricca, valutata con riferimento all'asse dei fori, W la larghezza utile della provetta (fig. 1) ed $x = a/W$.

Le prove sono state condotte con l'impiego di una macchina universale (INSTRON) da ± 100 KN dotata di microprocessore, di adeguata attrezzatura per l'ancoraggio dei provini alla macchina, e di un sistema di rilevamento televisivo della cricca.

Per evidenziare quest'ultima è stato applicato, sulla superficie osservata di ciascuna provetta, un sottile strato di una particolare lacca che durante le prove veniva illuminato con un illuminatore a fibre ottiche. Il valore massimo del fattore K è stato stabilito in modo che la propagazione stabile della cricca interessasse non meno dei due terzi della larghezza utile della provetta, per avere un tratto utile della curva di propagazione, $a = f(N)$, sufficientemente esteso tra quello iniziale, influenzato dalla fase di innesco della cricca, e quello finale, relativo alla propagazione pre-instabile della cricca stessa.

3. RISULTATI E LORO ANALISI

Del programma originario di prove, finalizzato all'individuazione dell'eventuale dipendenza funzionale dei parametri di Paris, C ed m, dal rapporto di tensione, R, dallo spessore della provetta, B, e dalla frequenza di applicazione del carico, f, è stata, per ora, sviluppata solo la parte relativa all'influenza di R e, in parte, di B.

Per R sono stati scelti i valori 0.6, 0.0, -0.6, e, per lo spessore B, i valori 5 mm e 9 mm, mentre la frequenza f è stata mantenuta sempre a 15 Hz.

I risultati sono stati rappresentati sul piano a, N ed i grafici così ottenuti, per mezzo della (1) sono stati utilizzati per calcolare e poi per rappresentare graficamente la velocità di propagazione, da/dN, in funzione del fattore di intensità delle tensioni AK, per avere i diagrammi delle figg. 2-4 dai quali sono stati infine dedotti, per ciascun valore di R, i valori medi dei parametri C ed m riportati nella tab. I.

Dall'esame dei diagrammi ottenuti e, soprattutto, dai dati della tab. I, si evince un'apprezzabile variabilità della "costante" m, sia col rapporto di tensione R, sia con lo spessore B, nonché una marcata dipendenza di C da questi ultimi parametri.

La maggiore sensibilità della seconda "costante" è in perfetto accordo con i dati di letteratura [2, 3, 15 p. es.], in base ai quali, tra C ed m, esisterebbe un legame del tipo

$$C = \frac{A}{\Delta K^m}$$

De Iorio, Florio, Giudice, Soprano

Questi risultati, sebbene parziali, sembrano abbastanza utili a fornire una prima indicazione sull'entità e la tendenza delle variazioni prodotte nel coefficiente e nell'esponente dell'espressione di Paris, per un dato materiale, dalla variabilità di R e di B.

Le indagini in corso forniranno i risultati ancora mancanti al raggiungimento dell'anzidetto scopo, sia per quanto riguarda l'influenza della frequenza di prova sulla velocità di propagazione della cricca, sia per quanto attiene l'estensione dei campi di variazione dei parametri e la numerosità dei singoli tipi di prove. Sarà così possibile, in ultima analisi, formulare un modello di propagazione che contenga, esplicitamente, i parametri di prova presi in considerazione, a vantaggio di una maggiore precisione di valutazione delle "costanti" che compaiono nel modello stesso.

4. CONCLUSIONI

Con una prima serie di prove di propagazione, effettuate su provette CT, a profilo circolare e costruite in acciaio 30 Ni Cr Mo V 12 laminato, si è indagato sull'influenza esercitata dal rapporto di tensione R e dallo spessore B della provetta sulla velocità di propagazione della cricca.

I risultati ottenuti mostrano, con riferimento al modello di Paris, una chiara tendenza dell'esponente m a crescere con lo spessore B e a decrescere col rapporto R, ed una tendenza opposta e più marcata della costante C.

L'entità delle variazioni riscontrate nei valori di C ed m al variare di R e B è tale da validare il nostro tentativo di ricercare, con il completamento del presente programma di prove, il legame funzionale tra i parametri in gioco, al fine di pervenire alla formulazione di un modello di propagazione contenente costanti che dipendono solo dal materiale impiegato e non anche dai parametri di carico, di prova e di geometria della provetta.

RINGRAZIAMENTO

Si ringrazia il sig. Paolo Mazza, dell'Istituto di Costruzione di Macchine dell'Università di Napoli, per il valido contributo offerto agli Autori durante lo svolgimento delle prove sperimentali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Paris, P. C. - Erdogan, F. "A critical analysis of crack propagation laws", J. Bas. Eng., trans. ASME, series D 85, 528-534, 1963
- [2] Lindley, T. C. - Richards, C. E. - Richie, R. D. "The mechanics and mechanisms of fatigue crack growth in metals", Conf. on

De Iorio, Florio, Giudice, Soprano

mechanics and Physics of Fracture, Churchill College, Cambridge, 1975

- [3] Roberts, R. - Erdogan, F. , "The effect of mean stress on fatigue crack propagation in plates under extension and bending", J. Bas. Eng., trans. ASME, 89, 885-892 , 1967
- [4] Schmidt, R.A. - Paris, P.C. "Threshold for fatigue crack propagation and effects of load ratio and frequency" , ASTM STP 536, 79-94, 1973
- [5] Yokobori, T, - Sato, K. "The effect of frequency on fatigue crack propagation rate and striation spacing in 2024-T3 aluminium alloy and SM-50 steel " , Eng. Fract. Mech. , 18, 81-88, 1976.
- [6] Musuva, J.K - Radon J.C. "The effect of stress ratio and frequency on fatigue crack growth" Fatigue of Engng. Materials and Structures, Vol I, 457-470 , 1970.
- [7] De Iorio, A. - Florio, G. "Evaluation of cumulative fatigue damage", II Conv. Naz. IFA, Napoli 1980.
- [8] De Iorio, A. - Florio, G. "Fatigue Cumulative Damage in steel 30 Ni Cr Mo V 12", ICF5, poster n. 530, Cannes , 1981
- [9] De Iorio, A. - Florio, G. "Sulla scelta e preparazione di campioni per particolari prove di fatica", XII Conv. Naz. AIAS, Sorrento 1984.
- [10] De Iorio, A. - Florio, G. "Comportamento a fatica dell'acciaio 30 Ni Cr Mo V 12 per diverse finiture superficiali dei campioni", III Conv. Naz. IGF, Torino 1986.
- [11] De Iorio, A. - Florio, G. - Malaspina, G. "Caratterizzazione alla propagazione di cricca di un materiale già provato a fatica" III Conv. Naz. IGF, Torino 1986.
- [12] De Iorio, A. - Esposito, R. - Florio, G. - La Barbera, A. - Marchitti, M. "Sulla determinazione dei parametri di propagazione della cricca in campioni di acciaio non convenzionali preaffaticati", French-Italian Joint Meeting IGF, Bordighera, 1987.
- [13] De Iorio, A. - Soprano, A. "Processi Markoviani e modelli di accumulo del danno", II conv. Naz. su "Metodologie e mezzi innovativi nel settore automobilistico", Firenze 1988.
- [14] Liebowitz, F. (ed.) "Fracture", vol. VI, Academic Press, New York, 1969
- [15] Tanaka, K. - Matsuoka, S. "A tentative explanation for two parameters, C and m, in Paris equation of fatigue crack growth", Int. Jour. of Fracture, 13, 563-583, 1977.

TAB I

B	R	m	C	rif. fig.
5	0.6	2.03	3.97 E -10	2
5	0.0	2.36	3.19 E -11	2
5	-0.6	2.38	3.85 E -12	3
9	0.6	2.99	6.12 E -13	4
9	0.0	3.03	1.51 E -13	4

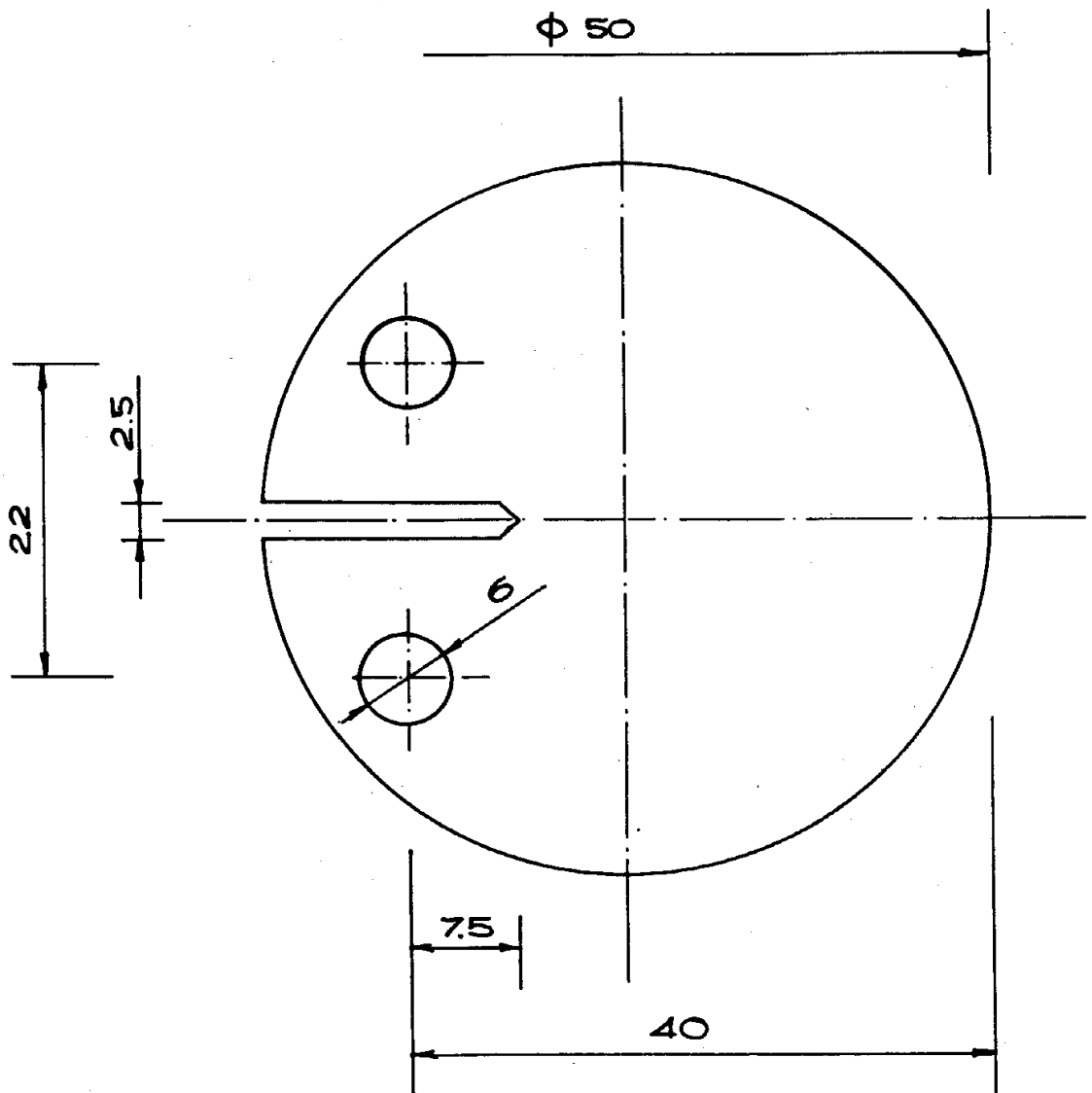


Fig. 1

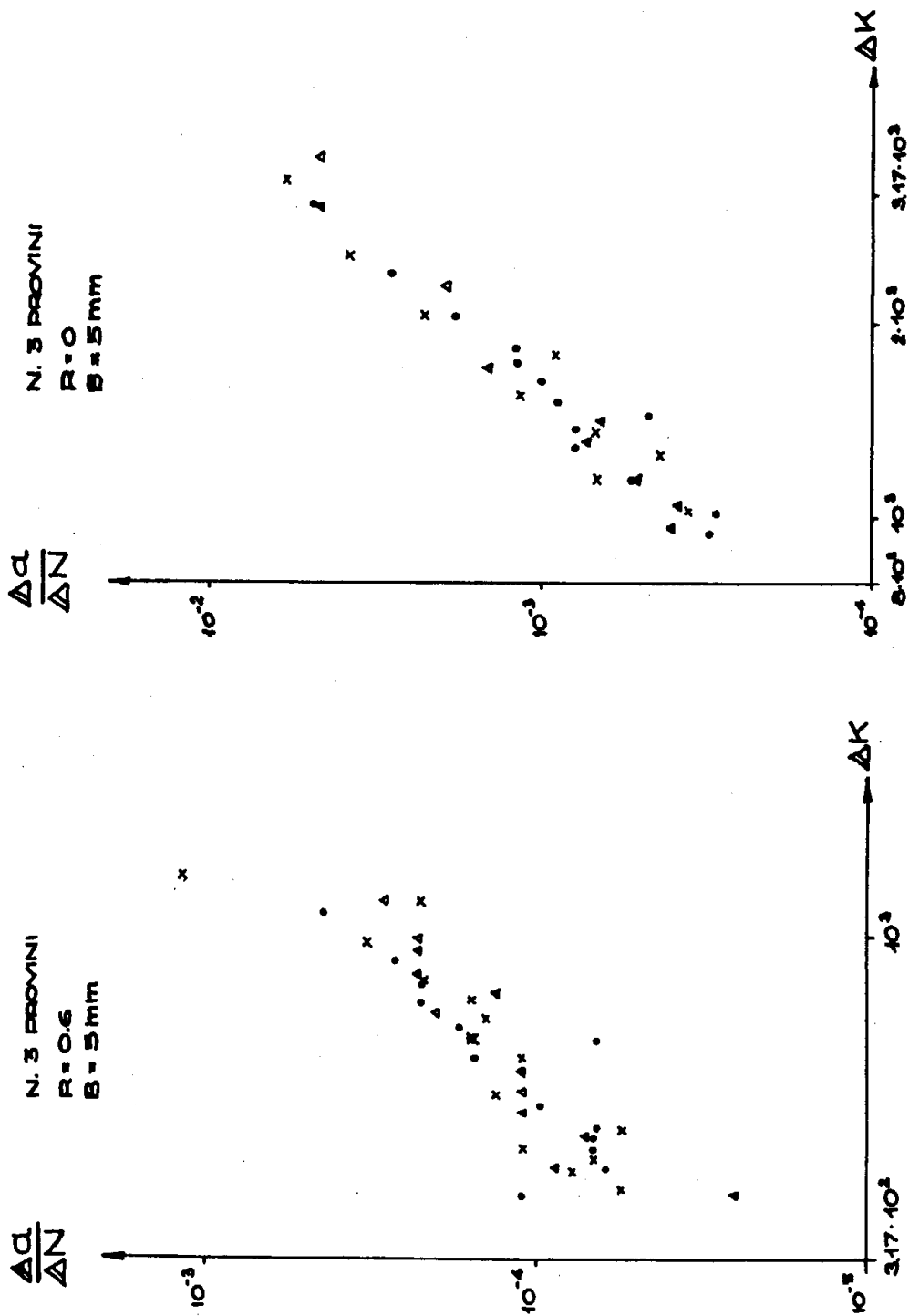


FIG. 2

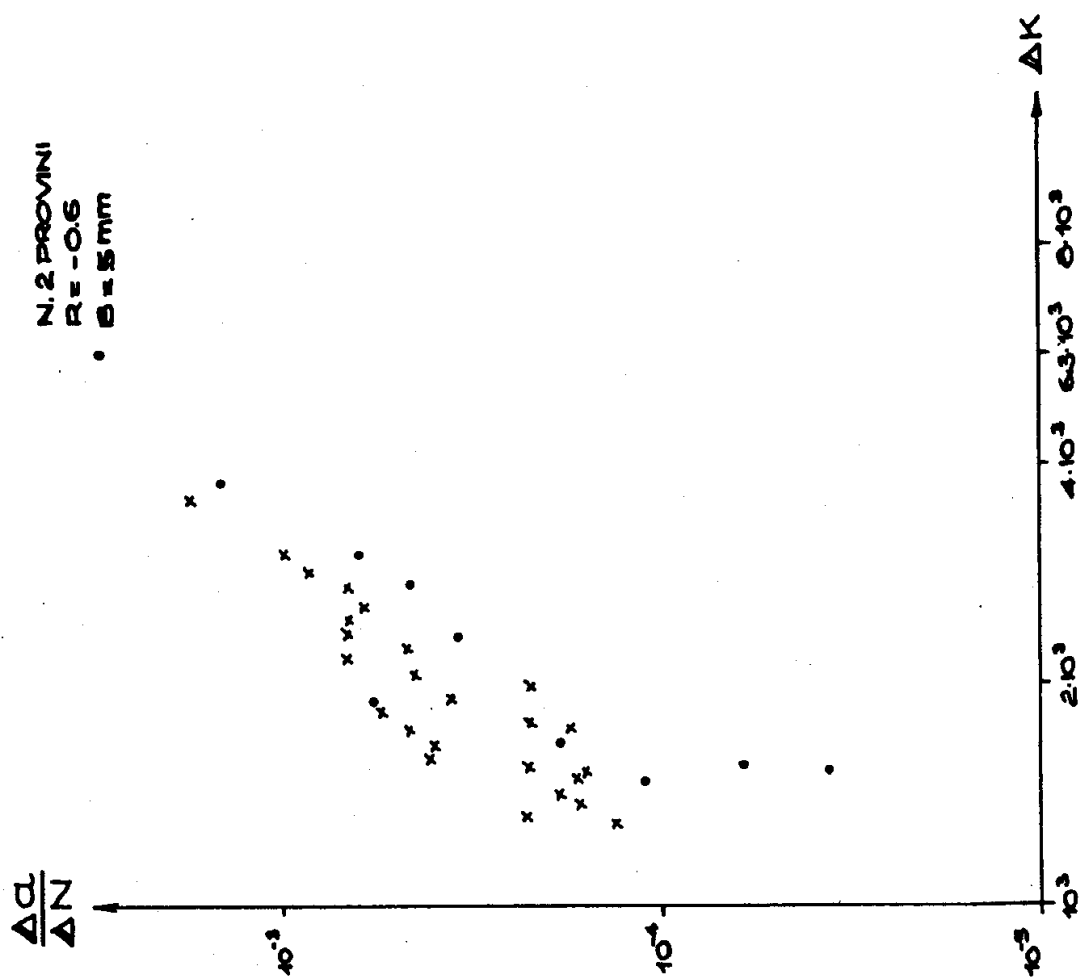


FIG. 3

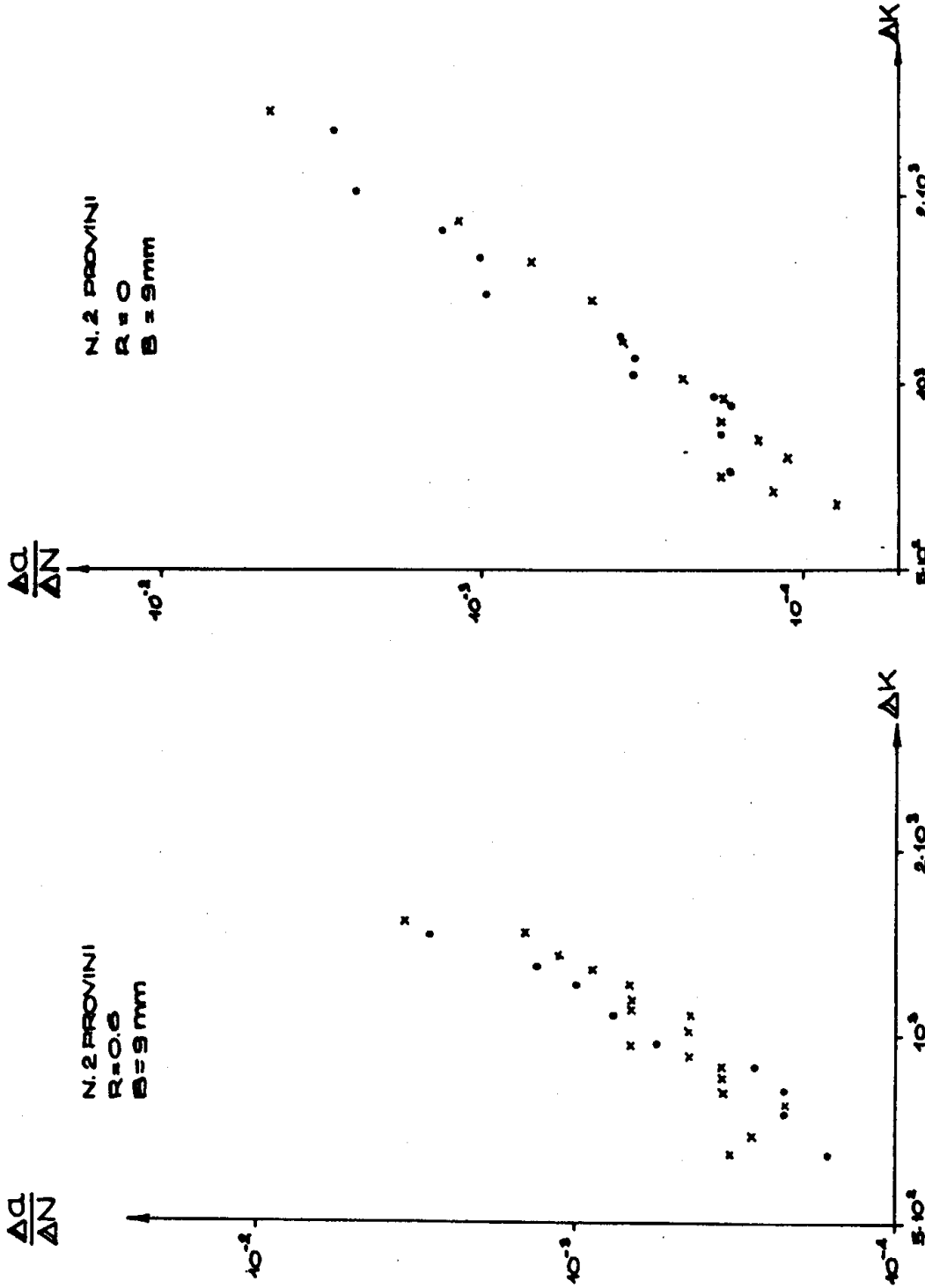


FIG. 4