

CBTN/DTD - IPR	NOTA INTERNA PEC/FAV/PSQ-01/73	Pg 01/09
----------------	--------------------------------	----------

AREA	PROJ.ELEMENTO COMBUSTIVEL 1-01.02/FAV
------	---------------------------------------

NI CORRELATAS :

TITULO : Conformação Mecânica de Zircônio e Ligas -Estudo da De -
formação elástica do Equipamento de Ensaio durante um teste à tração.

1.OBJETIVO:

Estudar o comportamento elástico de uma máquina de tração, para a elaboração de um programa de computador que possibilite o processamento automático de dados de ensaios de tração.

2.RESUMO E CONCLUSÕES:

Supôs-se que a máquina de tração pudesse ser considerada como uma mola de comportamento linear. Experiências de tração de corpos de prova no regime elástico permitiram com -
provar esta hipótese pelo menos em primeira aproximação. Apli -
cam-se os resultados à máquina de tração INSTRON do Laborató -
rio de Metalurgia.

DISTRIBUIÇÃO		ORIGEM			
		HISTORICO	NOME	VISTO	DATA
1.DTD _____	8.Div.Adm. _____	EXECUTADO	P.R. Cetlin	<i>[assinatura]</i>	29/3 /73
2.Gerente Proj. _____	9.Grupo PEC _____				
3.Asses.Pr. _____	10.Biblioteca _____	APROVADO:	J.T. Veado	<i>[assinatura]</i>	29/3 /73
4.Grupo Coord. _____	11.Secretaria _____				
5.Diretor IPR _____	12. _____				
6.Div.Proj. _____	13. _____	1-			29/3 /73
7.Div.Apoio _____	14. _____	2-			29/3 /73
TOTAL					

COMPANHIA BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

NOTA INTERNA
PEC/FAV/PSQ
01/73
Março - 1973

PROJETO: Conformação Mecânica de Zircônio e Ligas

"Estudo da Deformação Elástica do Equipamento de
Ensaio durante um Teste à Tração"

Paulo Roberto Cetlin
Mauro R. de Almeida
Miriam F. Sepúlveda

1. INTRODUÇÃO

Os dados experimentais de ensaios fornecidos por máquinas de tração são comumente registrados sob forma de gráfico /"esfôrço aplicado ao corpo de prova "(P) versus "deslocamento do cabeçote móvel da máquina (Δl), como ilustrado na Fig. 1. Porém, Δl inclui: deformação plástica (Δl_1) e elástica (Δl_2) do corpo de prova, e deformação elástica do equipamento de tração Δl_3 .

As componentes elásticas são descritas pela inclinação da reta OA da Fig. 1. A componente Δl_3 é bem menor que Δl_2 , ao contrário do que se poderia pensar; assim, a inclinação da reta OA não representa o módulo de Young do material testado, e a máquina deforma-se como mostra a Fig. 2. A eliminação de $\Delta l_2 + \Delta l_3$ de Δl pode ser feita graficamente como ilustrado na Fig. 1 (BC paralelo a OA), e é essencial para a determinação de tensões e deformações verdadeiras. Porém, a separação de Δl_1 e Δl_3 depende de características elásticas do corpo de prova e do equipamento de tração (rigidez da máquina).

A rigidez acima discutida é ainda importante no caso de instabilidade mecânica à tração⁽¹⁾, pontos de escoamento dependentes de mecanismo de multiplicação de deslocamentos⁽²⁾, fenômeno Portevin-LeChatelier⁽³⁾, e problemas de relaxação⁽⁴⁾.

O presente trabalho visa descrever o comportamento elástico do equipamento de tração, assimilando-o a uma mola de comportamento linear. Os resultados obtidos são aplicados a uma máquina universal de tração Instron.

2. DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ DE UM EQUIPAMENTO DE TRAÇÃO

Como visto, $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3$, onde

Δl_1 = def. plástica do corpo de prova

Δl_2 = def. elástica do corpo de prova

Δl_3 = def. elástica do equipamento de tração.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 \text{-----(1)}$$

Δl é medido experimentalmente; deve-se determinar Δl_2 e Δl_3 .

2.1. Determinação da deformação elástica do corpo de prova.

Fazendo-se a suposição que durante a deformação plástica o corpo de prova obedece à lei de Hooke, pode-se escrever que, para o ponto P,

$$\Delta l_2 = \frac{P l_0}{A_0 E} \text{-----}(2)$$

onde A_0 = área original da seção transversal do corpo de prova
 l_0 = comprimento da seção de teste do corpo de prova
 E = módulo de Young do material do corpo de prova.

2.2. Determinação da deformação elástica da máquina

Durante a deformação do corpo de prova a máquina de tração também sofre deformações elásticas, como ilustrado na Fig. 2.

Será feita a suposição que a máquina pode ser considerada como uma mola de comportamento linear, montada em série com o corpo de prova, entre placas perfeitamente rígidas (Fig. 3). A mola é caracterizada por uma constante K. Se a placa inferior (Fig. 3) desce Δl , e P é a carga aplicada ao sistema,

$$\Delta l_1 = \Delta l - \frac{P l_0}{A_0 E} - \frac{P}{K} \text{-----}(3)$$

pois

$$\Delta l_3 = \frac{P}{K}$$

Durante o trecho OA da Fig. 2, a deformação plástica do corpo de prova é nula $\Delta l_1 = 0$. Então,

$$\frac{l}{K} = \frac{\Delta l}{P} - \frac{l_0}{A_0 E} \text{-----}(4)$$

Para o cálculo do K, basta deformar o material na região elástica, e medir Δl e P em cada ponto. A_0 e l_0 podem ser medidos, e E é tabelado.

A constante K depende da configuração do sistema. Neste trabalho, será calculada para os seguintes casos: equipamento para ensaios usuais de corpos de prova cilíndricos rosqueados (semelhante à Fig. 2), e para ensaios a baixa temperatura⁽⁵⁾.

É de se esperar que o valor de K calculado pelo procedimento acima deva sofrer correções, pelas seguintes razões :

1. O valor de l_0 a ser usado é de difícil determinação. Usa-se l_0 como comprimento da parte útil do corpo de prova de tração. Isto fará com que o valor de K calculado seja um pouco maior que o real.
2. A Instron é um sistema complexo, e sua aproximação como mola de comportamento linear deve ser considerada com cautela.

3. METODOLOGIA E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

3.1. Ensaios comuns

Deformaram-se elásticamente na Instron corpos de prova cilíndricos de Latão, Aço e Alumínio, com $l_0 \approx 4,0$ cm e diâmetro = 0.8 cm. Para cada ensaio foram determinados valores de K para vários pontos da região elástica. Em cada ensaio, o valor de K variou muito pouco. Ao todo, foram utilizados 86 pontos. O valor médio de K foi :

$$K = 28.000 \text{ kgf/cm.}$$

Este valor foi então utilizado para a determinação dos Δl_1 na região plástica, fazendo uso da equação (3) em um programa de computador (apêndice). Os valores de Δl_1 assim obtidos eram sistematicamente maiores que os valores reais de Δl_1 obtidos graficamente pelo procedimento mostrado na Fig. 1.

Porém, uma diminuição, por tentativas, para

$$K = 26.000 \text{ kgf/cm}$$

fornecem resultados excelentes. A Tabela I mostra os valores de Δl_1 calculados com este valor de K e os valores de Δl_1 obtidos graficamente.

3.2. Ensaaios a baixa temperatura

Procedimento análogo ao anterior conduziu a

$$K = 9.300 \text{ kgf/cm}$$

A Tabela II mostra os valores de Δl_1 calculados com o K acima, comparando-os com os valores reais de Δl_1 , obtidos graficamente.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

De acôrdo com o previsto, o valor de K calculado foi um pouco superior ao real. Assim, o processo teórico usado tem por finalidade determinar o valor aproximado da constante.

O valor de K depende muito da configuração. No caso de equipamento para ensaios a baixa temperatura, vale cêrca de 1/3 do valor característico de testes usuais, devido à presença de barras, tubos, etc. no equipamento de tração.

Os resultados das tabelas 1 e 2 mostram que a Instron realmente pode ser considerada como uma mola de comportamento linear. Porém a utilização da equação (3) para determinação automática de curvas de tensão-deformação verdadeiras não é prática, devido a possíveis mudanças na configuração do equipamento, que levariam a mudança em K.

REFERÊNCIAS

1. G.Y.Chin, W.F. Hosford, W.A. Backofen, Influence of the Mechanical Loading System on Low Temperature Plastic Instability, Trans. AIME, 230: 1043-1048, Agosto 1964
2. W.G. Johnston, Yield Points and Delay Times in Single Crystals; Journal of Applied Physics, 33 (9): 2716-2730, setembro 1962
3. P.R. Cetlin, S. Güleç, R.E. Redd-Hill, Serrated Flow Aluminum 6061 Alloy, aceito para publicação por Metallurgical Transactions
4. G. Baur, Étude du Phénomène de Relaxation de la Contraite d'écoulement dans le cas du Titane, Thèse, Université de Paris, 1972
5. M.R. Almeida, P.R. Cetlin, 19 Relatório de Atividades, Projeto Conformação Mecânica de Zircônio e Ligas, Nota Interna DCM-35, 1972

TABELA I - Comparação dos valores de Δz_1 obtidos algebricamente e graficamente. (K=26.000 kgf/cm)

Δz (cm)	Δz_1 (cm)	
	COMPUTADO	REAL.
0.044	0	0
0.051	0.002	0.002
0.057	0.004	0.005
0.067	0.011	0.017
0.087	0.027	0.027
0.107	0.044	0.044
0.127	0.061	0.062
0.167	0.090	0.098
0.207	0.136	0.136
0.257	0.185	0.186
0.287	0.215	0.216
0.317	0.245	0.246

TABELA II - Comparação dos valores de Δz_1 obtidos algebricamente e graficamente (K=9.300 kgf/cm)

Δz (cm)	Δz_1 (cm)	
	COMPUTADO	REAL.
0.086	0.002	0
0.094	0.003	0.002
0.104	0.007	0.005
0.114	0.013	0.012
0.122	0.020	0.018
0.130	0.027	0.026
0.140	0.036	0.035
0.154	0.049	0.046
0.166	0.060	0.059
0.190	0.063	0.082
0.210	0.103	0.101
0.240	0.132	0.130
0.264	0.153	0.153

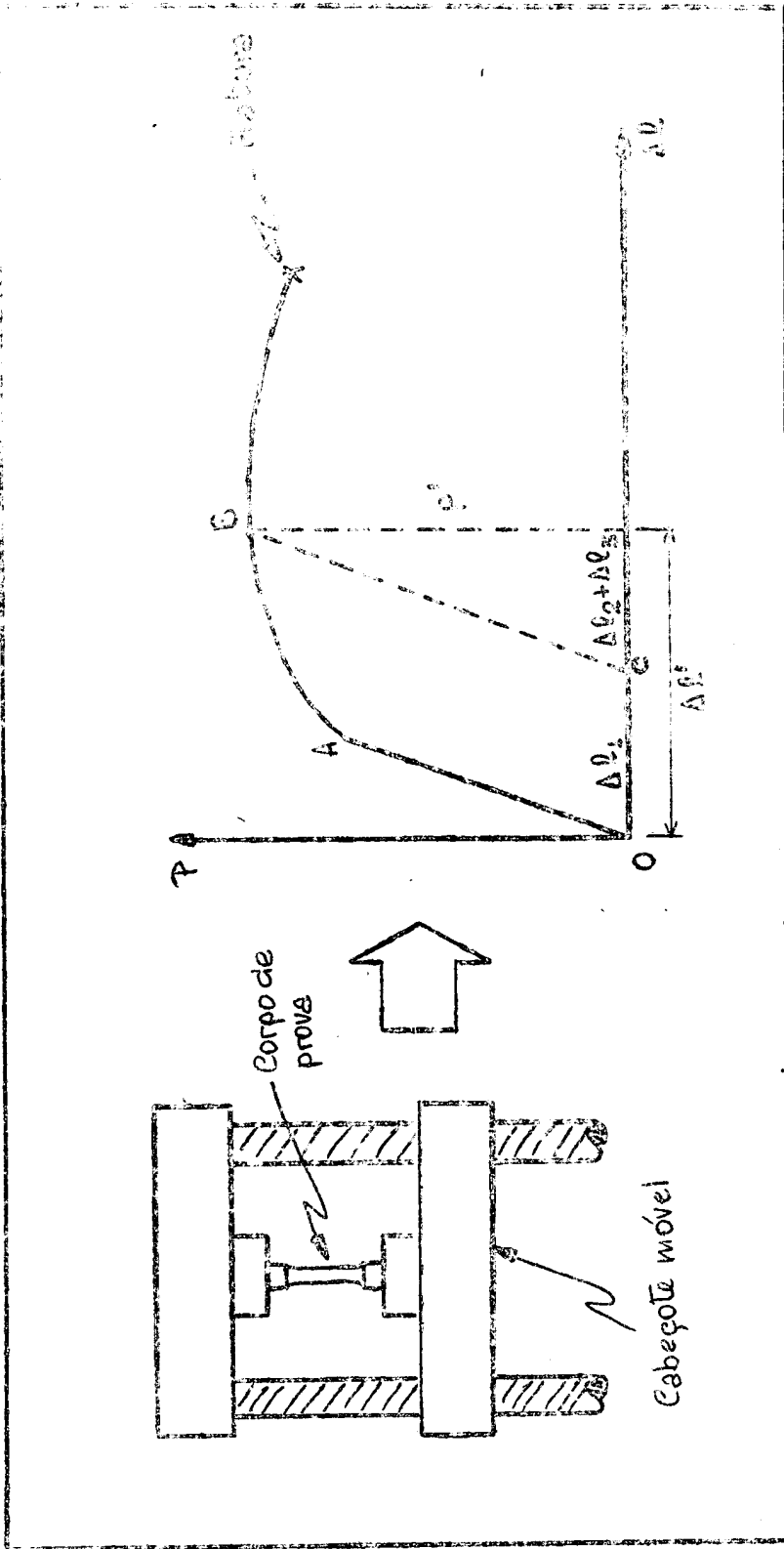


Fig. 1 - Dados experimentais fornecidos pela Instron.

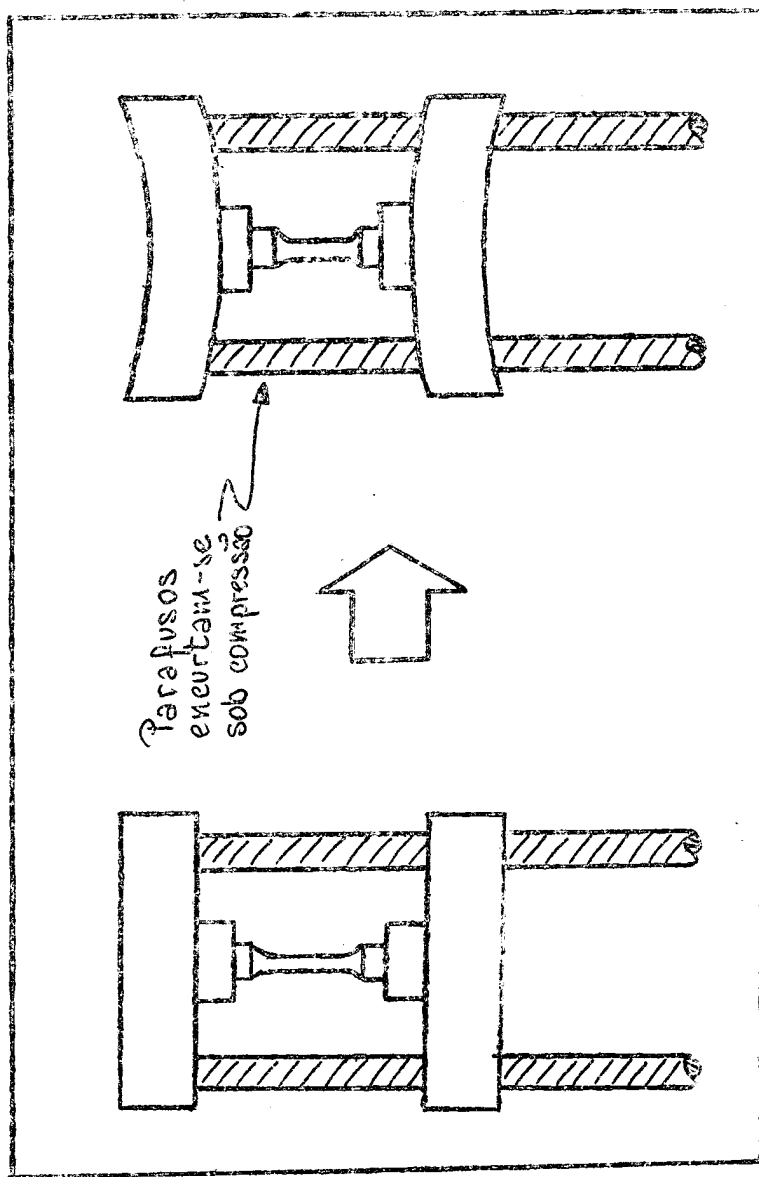


Fig. 2 - Deformação elástica do equipamento de tração.

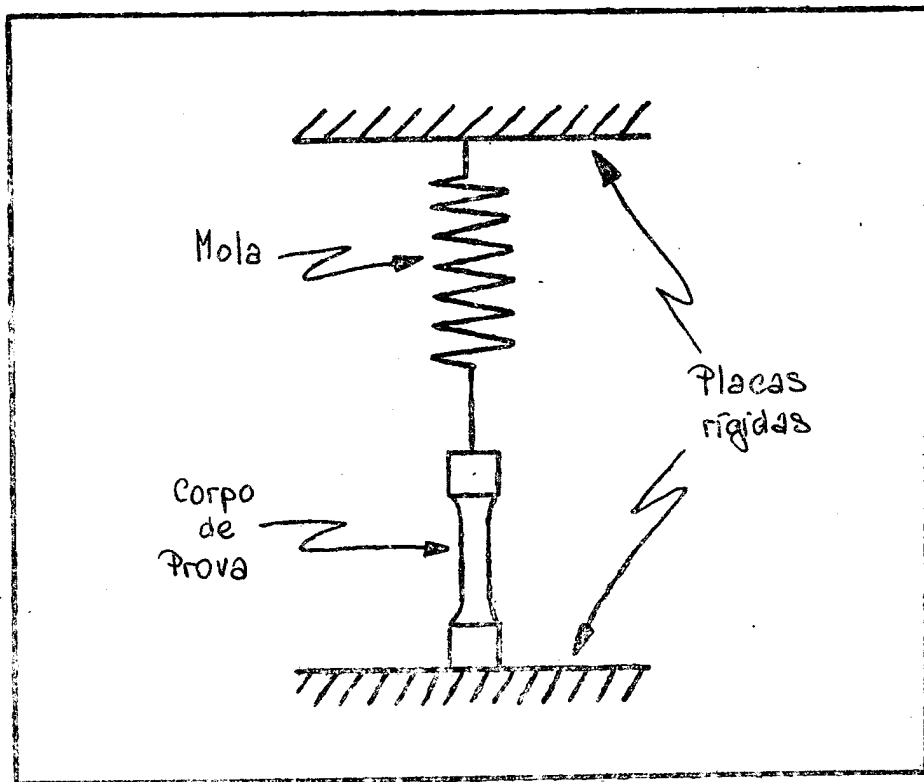


Fig. 3 - Componentes do sistema-corpo de prova.
Maq. de tração.

APÊNDICE: Programa de computador utilizado para determinação de Δl ;

Obs.: O programa calcula ainda tensão verdadeira e convencional , e deformação verdadeira e convencional.

Definições:

D : Diâmetro do corpo de prova (cm)
A₀ : Área da seção transversal inicial do corpo de prova (cm²)
L₀ : Comprimento inicial da seção de teste do corpo de prova (cm)
E : Módulo de Young do material testado (kg/cm²)
K : Constante de mola da máquina (kg/cm)
DL : Elongação obtida do gráfico da Instron (cm)
P : Carga aplicada do corpo de prova (kg)
S : Tensão convencional (kg/cm²)
DEF : Deformação convencional (cm/cm)
SI : Tensão verdadeira (kg/cm²)
DEF1 : Deformação verdadeira (cm/cm)
DLL : Elongação plástica do corpo de prova (cm)

PROGRAMA:

PROGRAMA FORTRAN

```
DIMENSION P (20), DL (20), S(20), DLL(20), DEF(20), DEF1(20), SI(20)
REAL LO, K
READ (1, 1) D, LO, E, K
1-FORMAT (4F10.0)
WRITE (2, 6) K
6-FORMAT (1H1, //, 10X, 'K=', F7.0, 2X, 'KG/CM')
READ (1, 2) N
2-FORMAT (15)
WRITE (3, 3)
3-FORMAT (///, 10X, 'P', 13X, 'DL', 12X, 'S', 13X, 'DLL', 11X, 'DEF', 11X, 'SI', 1
  2X, 'DEF1')
4-N=1
5-DO 4, N (P(I), DL(I), I=1, L)
4-FORMAT (2F10.0, 10X, F10.0)
```

CALCULO DA AREA TRANSVERSAL ORIGINAL DO CORPO DE PROVA

$AO=3.14159*(D**2)/4$

DO 10 I=1,L

CALCULO DA TENSÃO CONVENCIONAL

$S(I)=P(I)/AO$

CALCULO DA DEFORMAÇÃO PLASTICA DO CORPO DE PROVA

$DLL(I)=DL(I)-P(I)*(LO/(AO*E)+1/K)$

CALCULO DA DEFORMAÇÃO CONVENCIONAL

$DEF(I)=DLL(I)/LO$

CALCULO DA TENSÃO VERDADEIRA

$S1(I)=S(I)*(1+DEF(I))$

CALCULO DA DEFORMAÇÃO VERDADEIRA

$DEF1(I)=ALOG(1+DEF(I))$

WRITE(3,5) P(I),DL(I),S(I),DLL(I),DEF(I),S1(I),DEF1(I)

/0-FORMAT(//,2X,7(E14.4))

CONTINUE

CALL EXIT

END