

# I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 a 20 de Março de 1986

## ANAIS - PROCEEDINGS

Comportamento em Fluência do Aço Inoxidável Tipo AISI 316 Irradiado com Partículas Alfa de 28 MeV.

Eddy Segura e Georgi Lucki

Divisão de Danos de Radiação, IPEN-CNEN/SP.

### RESUMO

No presente trabalho é analisado o efeito do Hélio na fragilização do aço tipo AISI 316 através de testes de fluência realizado em amostras finas recozidas e com redução a frio. As medições foram realizadas a 700 e 750°C, tensão mecânica de 100MPa sob vácuo melhor que  $10^{-5}$  torr. As implantações foram feitas com partículas alfa de 28MeV no ciclotron CV-28 IPEN-CNEN/SP. A concentração de hélio foi de 26ppma. Dos parâmetros de deformação total ( $\epsilon_R$ ) e tempo de ruptura ( $T_R$ ), pode-se verificar que a presença do Hélio influencia marcadamente no tempo útil operacional e na ductilidade do material. As observações com TEM e SEM, que estão em andamento, servirão para analisar o efeito da microestrutura do material no efeito da fragilização.

### ABSTRACT

He-embrittlement effect in AISI 316 SS type through creep tests performed with annealed and cold worked thin specimens is analyzed. Measurements were carried out at 700 and 750°C, stress of 100 MPa in vacuum better than  $10^{-5}$  torr. The He-implantations were made with the cyclotron CV-28 IPEN-CNEN/SP. Using an alfa-particle beam of 28 MeV, with concentration of 26 appm. From the values of rupture deformation,  $\epsilon_R$ , and rupture time,  $t_R$ , it was verified that he had a great effect on the operational life and ductility of this material. TEM and SEM observations which are in progress, will allow to analized the role of the microstructure in the embrittlement of the material.

### 1-Introdução.

Após ficar estabelecido /1/ que o Hélio influencia fortemente nas propriedades mecânicas dos materiais, inúmeros esforços foram dedicados no estudo do sistema Hélio-metal. A baixa solubilidade do Hélio no metal /2/ conduz à sua acumulação nos contornos de grão ou interage com alguns elementos microestruturais do material produzindo o fenômeno de inchaço e a fragi-

lização em altas temperaturas. A necessidade da caracterização dos materiais sob irradiação torna propício o uso de técnicas de simulação usando aceleradores que permitem obter altas taxas de danos de irradiação e introduzir altos teores de Hélio no material em pouco tempo. A Divisão de Danos de Radiação do IPEN-CNEN/SP utiliza o ciclotron como fonte de irradiação para estudos do comportamento a fluência de materiais estruturais, como o aço AISI 316 irradiados com partículas alfa.

## 2-Procedimentos experimentais.

O material utilizado foi AISI 316, cuja composição química é dada na tabela 1. As amostras com 11mm de comprimento efetivo e 2mm de largura foram cortadas por eletro-erosão. Um lote foi recozido a 1050°C durante 2 horas e outro lote foi reduzido a frio em 20%.

Tabela 1. Composição química (% peso)

N	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Co	B	Fe
0,08	0,056	0,35	1,65	0,02	0,008	16,9	12,3	2,45	0,018	0,03	0,001	bal

## 3-Irradiações e resultados experimentais.

Para a implantação de Hélio foi utilizado um dispositivo descrito na referencia /3/, o qual permite obter uma distribuição homogênea de Hélio nas amostras irradiadas. As irradiações foram realizadas com um feixe de partículas alfa de 28MeV, com correntes de 0,8 uA atingindo-se concentrações de 26 ppma. Com as amostras não irradiadas e implantadas foram realizados testes de fluência em vacuo de  $10^{-5}$  Torr, a 700 e 750°C e com tensão de 100 MPa.

As curvas de fluência das amostras recozidas não irradiadas e implantadas com Hélio e testadas a 750°C e 100MPa são mostradas nas figuras 1A e 1B, respectivamente.

## 4-Discussão.

Uma análise preliminar baseada nos valores de  $\epsilon_r$  e  $t_r$  obtidos (tabela 2) nos testes de fluência a 750°C e tensão cecânica de 100MPa, mostra que nas amostras com 20% de redução a frio (D), estes reduzem-se em um fator de ~2 na deformação a ruptura

e em ~10 vezes no tempo de ruptura quando comparados com o material não irradiado (R). A presença de 26 ppma de Hélio (DI,RI) nas amostras tem o efeito de reduzir ainda mais na deformação a ruptura (~4 vezes) no material deformado, e praticamente não influencia no tempo de ruptura. O comportamento microestrutural será feito através de observações microscópicas. Na figura 2. São apresentadas curvas de fluência realizadas com tensão mecânica de 100MPa e temperaturas de 700 e 750°C com amostras recozidas, com 20% de redução a frio e implantadas com 26 ppma de Hélio.

#### Bibliografia.

1. Harries, D.R. Neutron irradiation-induced embrittlement in type 316 and other austenitic steels and alloys. Journal of Nuclear Materials 82(1979)2-21.
2. Von den Driesch, H.J. and Jung P., Investigation on the Solubility of Helium in Nickel. High-Temperature and High-Pressures, Vol. 12, 1980.
3. Segura, E., Lucki, G., Aguiar, D., Monteiro, W. Comportamento mecânico de fluência do aço inoxidável tipo 316, irradiado com nêutrons rápidos e partículas alfa de 28 MeV. Anais do VI CBECIMAT, T-42, PUC/RJ, Dezembro 1984.

Tab.2-Resultados dos testes de fluência em aço inoxidável AISI 316

AMOSTRA	PARAMETROS			RESULTADOS		$\langle \dot{\epsilon} \rangle$ [h <sup>-1</sup> ]
	C <sub>He</sub> (ppm)	TENSÃO [MPa]	Temperatura [°C]	Deformação ε <sub>r</sub> [%]	Tempo de Ruptura t <sub>r</sub> [h]	
R-2	-	100	750	6,38	3,03	2,1 x 10 <sup>-2</sup>
R-3	-	100	750	6,13	2,65	2,3 x 10 <sup>-2</sup>
R-4	-	100	750	5,84	2,27	2,6 x 10 <sup>-2</sup>
RI-1	26	100	750	0,63	0,27	2,3 x 10 <sup>-2</sup>
RI-2	26	100	750	0,88	0,47	1,9 x 10 <sup>-2</sup>
D-2	-	100	750	3,50	39,90	7,1 x 10 <sup>-4</sup>
D-3	-	100	750	2,25	31,55	8,8 x 10 <sup>-4</sup>
DI-1	26	100	750	0,17	3,67	4,6 x 10 <sup>-4</sup>
R-5	-	100	700	5,67	18,69	3,0 x 10 <sup>-3</sup>
R-6	-	100	700	5,25	14,65	3,6 x 10 <sup>-3</sup>
DI-3	26	100	700	1,83	8,03	2,3 x 10 <sup>-3</sup>

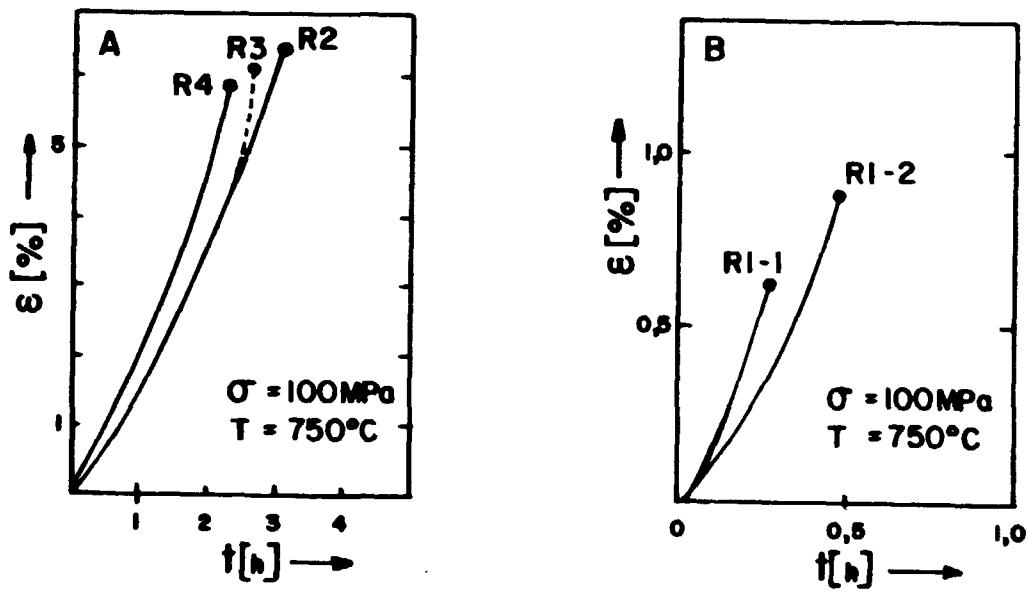


Figura 1. Curvas de fluência A) Com amostras recozidas B) Amostras recozidas e implantadas com 26 ppma de Hélio.

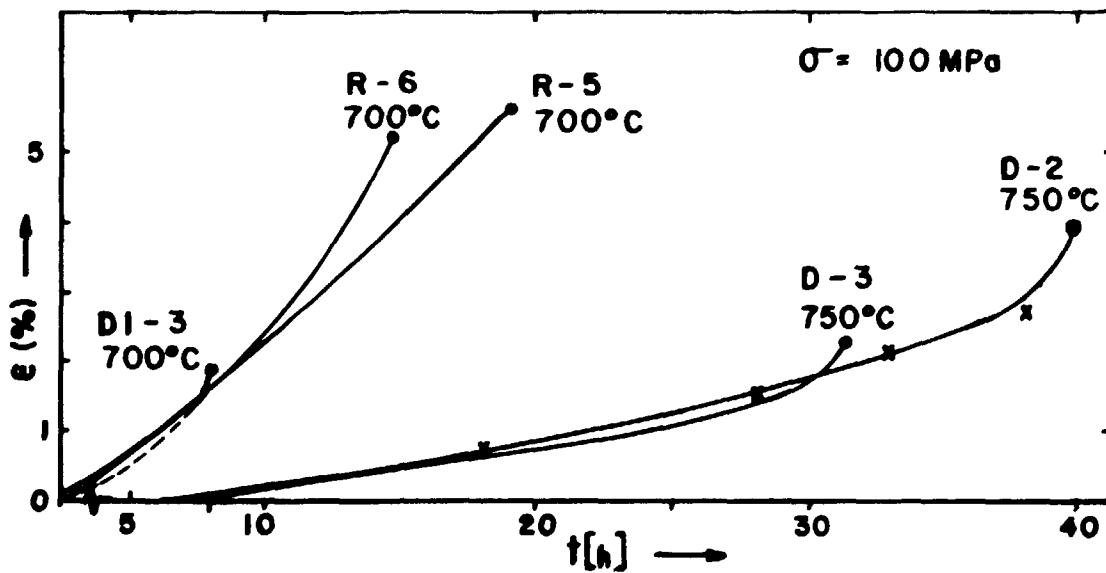


Figura 2. Curvas de fluência de amostras recozidas, com reduzidas a frio e implantadas com 26 ppma de Hélio.