

## Relatório TP14 – Determinação da curva de transição dúctil-frágil de um aço

André Ferreira, João Galante.

29 de Setembro de 2012

**Resumo:** Foi realizado o ensaio Charpy num aço C1 (designação F. Ramada), a diversas temperaturas e determinada a curva energia absorvida em função da temperatura. Estudou-se os resultados e relacionou-se a referida curva com a de um aço ao carbono (0.8% C) e com a de um alumínio.

### 0 – Introdução

O âmbito deste trabalho prático prende-se com o facto de ser importante na área da engenharia conhecer as características mecânicas dos materiais com que se trabalha. Para o caso presente, o ensaio de tração comumente realizado é insuficiente, porque podem-se dar roturas abaixo de  $\sigma_e$ , em certas condições fragilizantes. O ensaio Charpy, submete precisamente um provete do material em estudo às três principais condições fragilizantes: grande velocidade de deformação, presença de entalhes e abaixamento de temperatura.

O ensaio Charpy (Fig. 1 e 2) consiste em lançar um martelo que contém um cutelo que lhe está fixo de uma altura pré-determinada. Durante a queda, este embate no provete cujo material se pretende estudar e depois pela lei da conservação de energia é determinada a energia absorvida pelo provete. Esse passo é realizado pela máquina de ensaio, que nos apresenta o valor diretamente.

Visto existir muita variância nos valores medidos nos ensaios, é conveniente realizar no mínimo seis para cada temperatura, para daí se retirar um valor médio mais realista.

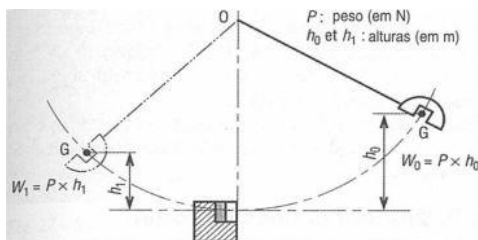


Fig. 1 – Representação esquemática do ensaio Charpy.<sup>2</sup>

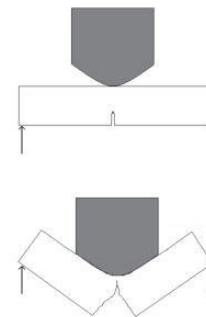


Fig. 2 – Pormenor do embate entre cutelo e provete.

Deve ser também referido que o aço C1 / DIN St37 (%C < 20), que vem de origem fornecido no estado estirado, foi submetido, previamente ao ensaio tratado neste relatório, a um tratamento de recozido. O tempo de estágio foi de 30 mins. 910°C, e o objetivo foi colocá-lo o mais próximo possível do estado de equilíbrio reduzindo, por exemplo, tensões residuais ou encruamento causadas pelo processo de estiramento.

É sabido também<sup>1,2</sup> que os metais com estrutura cristalina CCC – caso do C1 – geralmente apresentam patamar de transição, ao contrário dos CFC – caso do alumínio. Além disso, num aço e com o aumento da percentagem de carbono, a curva temperatura vs energia absorvida desce e o patamar dúctil-frágil torna-se menos pronunciado.

### 1 – Resultados

Valores obtidos:

| Temperatura (°C) | 24  | 0  | -30°C |
|------------------|-----|----|-------|
| Energia (J)      | 103 | 24 | 8     |

Dados comparativos usados de um outro estudo com provetes de aço C1:

| Temperatura (°C) | Energia (J) |
|------------------|-------------|
| 19,5             | 151         |
| 20               | 125         |
| 21               | 141         |
| 22               | 171         |
| 21               | 180         |
| -5               | 73          |
| -5               | 73          |
| -5               | 73          |
| -5               | 80          |
| -20              | 26          |
| -20              | 27          |
| -20              | 26          |
| -20              | 23          |
| -20              | 26          |
| -30              | 18          |
| -30              | 13,56       |

## 2 – Determinação da temperatura de transição (TT) correspondente a 20 Joules e tratamento de dados

Para o aço C1, a temperatura de transição foi de -2°C enquanto que para o de controlo (comparativo) de -24°C (Fig. 4)

O valor obtido fica um pouco acima do que seria de esperar. Uma das possíveis causas poderá ser uma insuficiente temperatura de estágio, ou reduzido tempo a essa temperatura que não terá permitido uma recristalização completa do aço do provete e portanto terá mantido alguma da redução de tenacidade causada pelo processo estiramento.

Outra possível causa poderá ser em diferenças da percentagem de carbono dos aços e na existência de outros elementos químicos, cuja presença causa o elevamento da TT e na não existência de elementos que causem o seu abaixamento. Sendo que a composição química do aço C1 estudado é, de acordo com o fornecedor, de <0.2% C e <1.4%Mn, é possível que os provetes testados tenham valores de carbono mais próximos desse valor, e de manganês mais baixos do que o aço dos dados comparativos visto que a TT aumenta com a percentagem de carbono e diminui com a presença de manganês<sup>3</sup>.

Finalmente, há que referir que apenas foi feito um ensaio, dos seis que deveriam ser feitos no mínimo para

cada temperatura, o que eleva a probabilidade de os resultados não corresponderem à realidade.

## 3 – Comentário sobre as superfícies de fratura.

Com a diminuição da temperatura dos ensaios podemos observar uma redução da deformação plástica, ou seja, as roturas obtidas foram cada vez mais frágeis (Fig. 3) e figuras. Pode-se observar a existência de alongamentos na direção da deformação, na superfície fraturada a 24°C, comportamento típico de material dúctil. Já nos provetes ensaiados a frio, a fratura foi plana e na direção do entalhe, revelando baixa energia absorvida no embate.

Visualmente – macroscopicamente – a superfície obtida em teoria evolui no sentido de ficar mais brilhante, ou seja aumentar o grau de ‘cristalinidade’, sendo o mesmo 0% no domínio dúctil (baço) e de 100% no domínio frágil.

No entanto, no caso prático realizado na aula, o resultado obtido não corresponde totalmente ao que seria previsível, pois apesar de a superfície brilhante aumentar com a diminuição da temperatura, no 1º ensaio a 24°C existe já uma grande área de superfície brilhante.

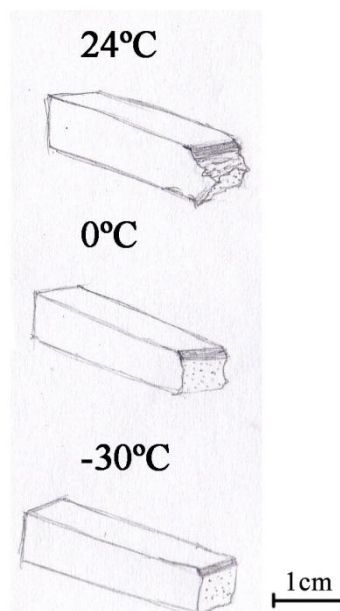


Figura 3 – Esquema representativo dos provetes após ensaio.

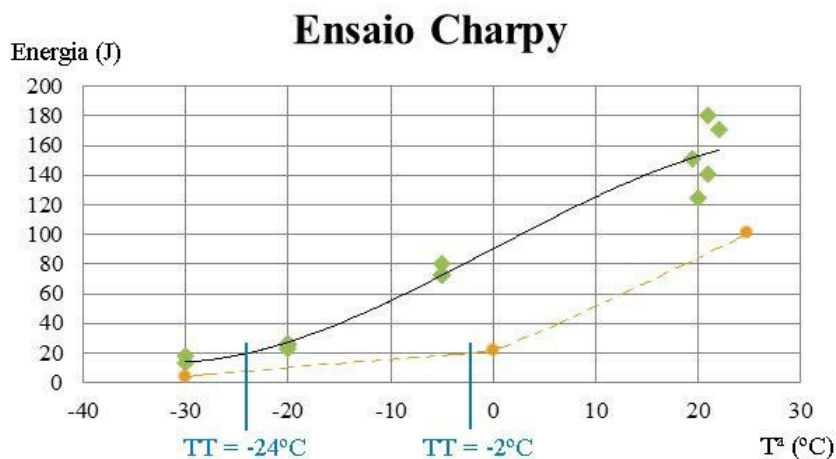


Fig. 4 – Curva energia vs temperatura para o aço C1 estudado (a tracejado) e o comparativo com as respectivas temperaturas de transição.

#### 4 – Comparação da curva obtida com a de um aço 0.8% C e alumínio.

O alumínio não apresenta patamar de transição dúctil frágil, comportando-se como um metal CFC de alta resistência (Fig. 5). Sabendo também que a tenacidade ao choque diminui com o aumento da percentagem de carbono (Fig. 6), podemos deduzir que, comparativamente, o gráfico do C1 estará em cima do de um aço ao carbono com 0.8% C.

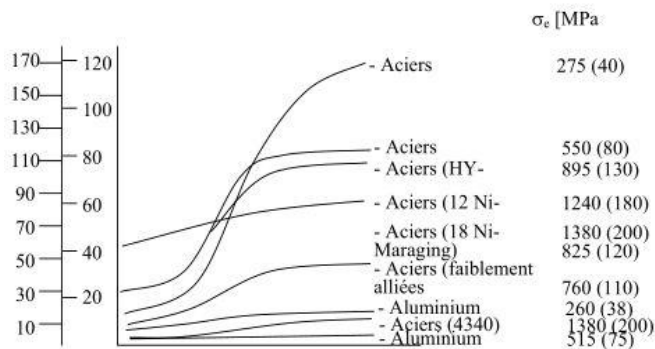


Fig. 5 – Curva temperatura vs energia absorvida para alguns metais.<sup>4</sup>

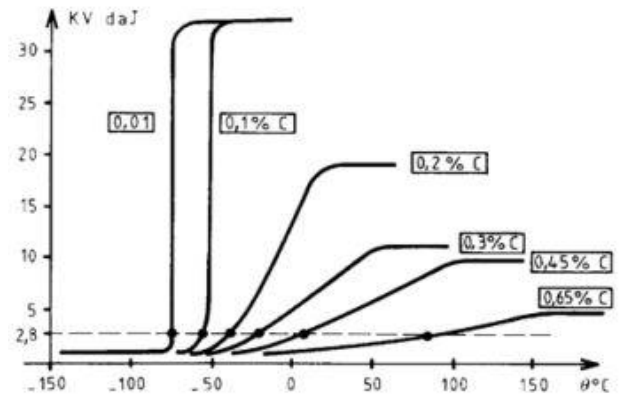


Fig. 6 – Influência da %C sobre características da tenacidade ao choque.<sup>5</sup>

#### Bibliografia:

- 1 Silva, L.F.M. da. *Problemas e trabalhos práticos de metalurgia*. Porto:FEUP Edições; 2008.
- 2 Barralis, J., Maeder, G. *Prontuário de Metalurgia*. Traduzido por L.F.M. da Silva. Lisboa:Fundação Calouste Gulbenkian; 1997.
- 3 Davim, J. P., Magalhães, A. G. *Ensaio Mecânicos e Tecnológicos*. Publindústria, pp 111-112.
- 4 *Temperature de transition*. [Documento eletrônico] Disponível em: [www.hajomar.com/wp-content/Documents/Archive/MDR/CH2AMDR.pdf](http://www.hajomar.com/wp-content/Documents/Archive/MDR/CH2AMDR.pdf)
- 5 Silva, L.F.M.da. *Disciplina de Materiais de Construção Mecânica 1* [Apresentações Powerpoint]. Aula 2, diap. 6; 2012