

ANAIS

IV Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste

16 a 20 de junho de 1996 - Recife - Pe

**Departamento de Engenharia Mecânica
Centro de Tecnologia e Geociências
Universidade Federal de Pernambuco**

VOLUME 1

ABCM

Associação Brasileira de Ciências Mecânicas

Ficha Catalográfica

Congresso de Engenharia Mecânica Norte-Nordeste (4. : 1996 : Recife).
Anais / IV Congresso de Engenharia Mecânica Norte_Nordeste. - Recife
UFPE/CTG, Departamento de Engenharia Mecânica, 1996.
2 v. : il.

Inclui bibliografia e índice.

1. Engenharia Mecânica - Congressos.

621
621.1

CDU (2. Ed.)

CDD (20. Ed.)UFPE-BCE 96

PROCESSO DE TÊMPERA: CONTROLE INFORMATIZADO DOS MEIOS DE RESFRIAMENTO

C 212 P 414 158
Lauralice de Campos Franceschini Canale - Departamento de Engenharia de Materiais*

Antônio Carlos Canale - Departamento de Engenharia Mecânica*

129876 Ovídio Richard Crnkovic - Departamento de Engenharia de Materiais*

*Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos

Jony B. Groessler

Castrol do Brasil

Newton Sá de Miranda Cury

FAC Ltda.

RESUMO

A capacidade de resfriamento de um meio de têmpera é um parâmetro bastante crítico nos processos de têmpera. A maneira mais adequada para o controle do meio de resfriamento neste tratamento térmico é através do monitoramento periódico da curva de resfriamento deste meio e, da sua respectiva taxa. Neste trabalho utiliza-se um sistema de aquisição de dados informatizado que permite, em tempo real, obter os valores de tempo e temperatura do fenômeno (curva de resfriamento). Estes dados são processados para imediata obtenção do valor das taxas de resfriamento. Este sistema é aplicado a diversos meios, ilustrando assim as diferentes características de resfriamento de cada um destes meios. Estas características podem ser exploradas pelo Engenheiro de Processo, para que se obtenha qualidade e repetibilidade nos processos de têmpera.

Palavras chaves: Tratamento térmico, Têmpera, Meio de Resfriamento, Controle de Processo.

1. INTRODUÇÃO.

O tratamento térmico é uma operação envolvendo aquecimento a elevada temperatura seguido por um resfriamento controlado para a obtenção de determinadas microestruturas que proporcionarão as propriedades desejadas no material.

Nos aços, o tratamento térmico de têmpera é feito com intuito de se obter o endurecimento de componentes de peças ou ferramentas. O endurecimento é obtido através do resfriamento rápido da austenita para transformá-la numa estrutura dura de martensita.

A têmpera é usualmente uma das últimas etapas de uma linha de produção. Por esta razão, uma falha neste processo devido, por exemplo ao resfriamento incorreto, pode trazer prejuízos, aumentando o custo do produto final tornando-o menos competitivo.

O sucesso deste tratamento é obtido na medida em que a dureza e resistência mecânica pretendidas são alcançadas com um mínimo de tensões residuais, distorção ou possibilidade de formação de trincas (1). Este objetivo é muito dependente da escolha do meio de resfriamento (fluido de têmpera) adequado.

A capacidade do fluido de extrair calor de um meio é uma característica deste e das suas condições de concentração, temperatura e agitação. Desta maneira é possível caracterizar um meio de têmpera através da sua capacidade de extrair calor do metal. Este assunto já tem motivado muitos trabalhos (1 - 10).

Assim, a escolha do meio de resfriamento mais adequado é feita baseada nas características de resfriamento dos diversos meios disponíveis. Estas características podem ser determinadas através de diversos métodos (2). Dentro desta tendência a caracterização do fluido de têmpera através da curva de resfriamento acompanhada da sua respectiva taxa de resfriamento, tem se mostrado um bom método. Na Fig. (1) pode-se ver uma curva de resfriamento típica com sua respectiva taxa mostrando ainda as três fases que ocorrem durante o resfriamento em um meio líquido

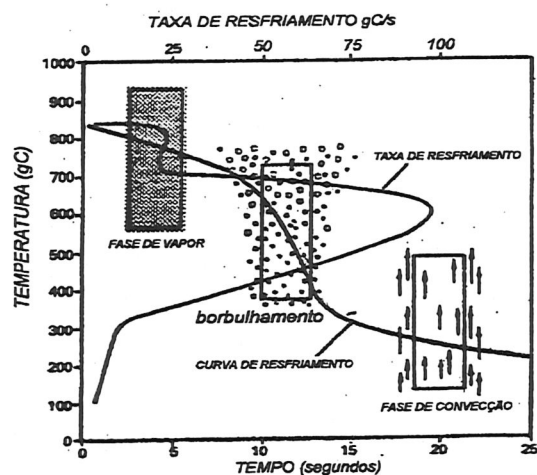


Figura 1 - Curva e taxa de resfriamento mostrando as 3 fases de uma peça quando resfriada em um meio líquido (8).

0906065

101696

SYSNO 0906065

PROD 0001403

ACERVO EESC

3.06.0 3.10 - 0

3.06.0 3.00 - 7

Neste trabalho o que se propôs foi a monitoração, em tempo real, das características de resfriamento de um determinado meio, através de um sistema informatizado de aquisição de dados. Estas características de resfriamento podem ser exploradas pelo engenheiro de processo, para que se obtenha qualidade e repetibilidade nos processos de têmpera.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA.

O sistema de medida consta de um termopar como sensor de temperatura, que capta o decaimento da temperatura quando uma sonda padronizada, previamente aquecida a 850 °C, é imersa no fluido a ser analisado.

Os dados assim obtidos são transmitidos para um microcomputador, mostrando na tela, em tempo real, a curva de resfriamento e processando em seguida a primeira derivada da mesma, ou seja, a taxa de resfriamento. Através de indicação digital apresenta a taxa máxima obtida e a temperatura correspondente.

O equipamento permite programar a temperatura inicial para aquisição dos dados, a duração do tempo de ensaio, a temperatura desejada de aquecimento do forno e o valor da constante K da sonda; monitorar a temperatura ambiente e a do fluido; escrever texto para identificação do ensaio e armazenar os dados em disquetes (ou disco rígido) no formato ASC II, possibilitando assim, futuras análises em planilhas de cálculo ou mesmo a transmissão dos dados a distância.

Foram elaboradas "macros" na planilha de cálculo EXCEL que leem os dados do disco rígido, construindo e apresentando automaticamente gráficos que contêm a curva de resfriamento, taxa de resfriamento, variação da temperatura no fluido de têmpera, forno e ambiente durante o tempo de ensaio.

São utilizados "softwares" de filtragem para reduzir os efeitos do "noise" inerente aos sistemas de aquisição de dados.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.

O sistema descrito no item anterior foi o utilizado para obtenção dos resultados que serão apresentados.

Foram utilizados como meio de resfriamento:

- água, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C e 60 °C. Para 60 °C foram levantadas 9 curvas com o objetivo de se avaliar a repetibilidade do sistema.

- soluções de polímero PAG (Iloquench Aqua 500 da Castrol Brasil Ltda.) em diversas concentrações (5%, 15% e 25%) para a temperatura de 45 °C.

- diferentes óleos minerais em temperaturas de trabalho típicas:

- óleo para martêmpera a 100 °C (Iloquench 672 da Castrol Brasil Ltda)

- óleo para têmpera rápida a 80 °C (Iloquench 32 da Castrol Brasil Ltda.)

- óleo para têmpera normal a 50 °C (Iloquench 1 da Castrol Brasil Ltda.).

Para cada meio de resfriamento e condição de temperatura e concentração será apresentada uma curva de resfriamento e sua respectiva taxa de resfriamento. Os dados são obtidos através do aquecimento de uma sonda padrão, feita de INCONEL 600, cilíndrica, de dimensões 12,5 mm x 60 mm. A sonda aquecida é mergulhada no meio em estudo e os dados registrados pelo sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados são apresentados abaixo nas Figs. (2 - 9), mostrando as curvas e taxas de resfriamento para os meios e condições descritos no item anterior.

Vale a pena salientar que em todos os meios fluidos, a temperatura e agitação tem um forte efeito nas características de resfriamento (11 - 13). No caso das soluções, além destes dois fatores, a concentração é também um parâmetro importante.

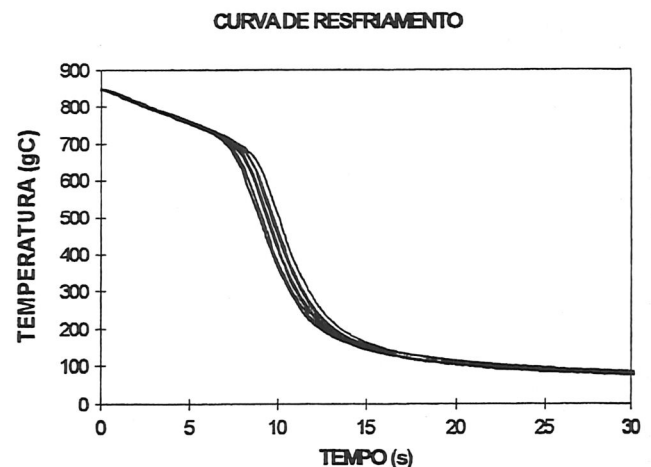


Figura 2 Curvas de resfriamento da água nos 9 ensaios realizados a 60 °C.

As curvas da Figs. (2 e 3) mostram que o equipamento utilizado apresenta grande confiabilidade e reprodutibilidade. Uma análise estatística mostra que o desvio padrão da taxa máxima é de 2,42 °C/s, ficando o desvio médio em 2,22 °C/s. Estas curvas foram obtidas com 4 pontos de medida da temperatura

por segundo, parâmetro este que pode ser modificado pelo operador do sistema.

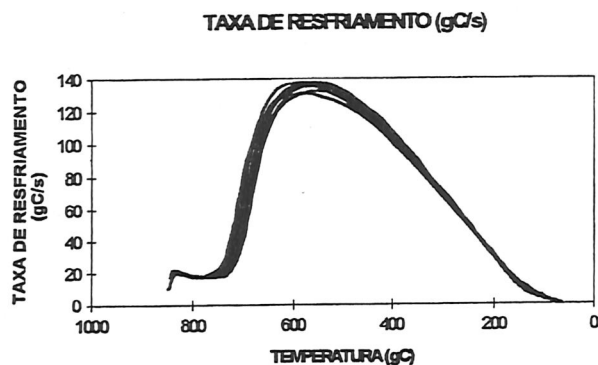


Figura 3 - Taxas de resfriamento obtidas a partir das curvas da Figura 2.

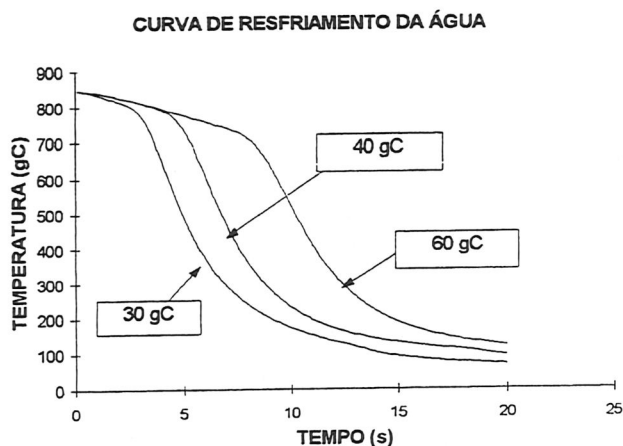


Figura 4 - Curvas de resfriamento da água nas diversas temperaturas ensaiadas (30 °C, 40 °C e 60 °C)

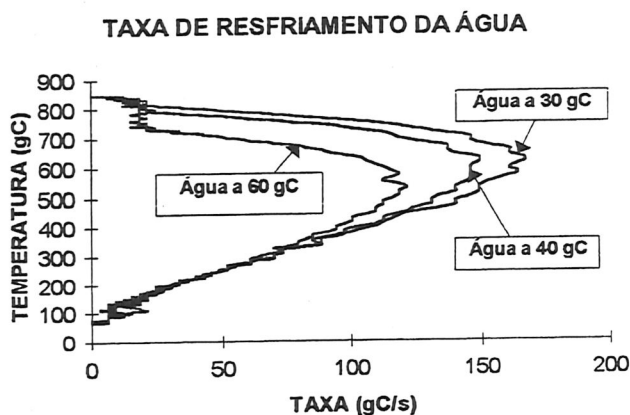


Figura 5 - Taxas de resfriamento obtidas das curvas da Figura 4.

As Figs. (4 e 5) obtidas com 10 pontos de medida de temperatura por segundo, descrevem o comportamento do meio "água" sob diferentes condições de temperatura. As taxas máximas de resfriamento indicam uma sensível queda quando a temperatura da água aumenta, passando de 167 °C/s a 30 °C para 121 °C/s a 60 °C. Isto ocorre em função do aumento do primeiro estágio de resfriamento (fase vapor) que se prolonga a medida que a temperatura aumenta.

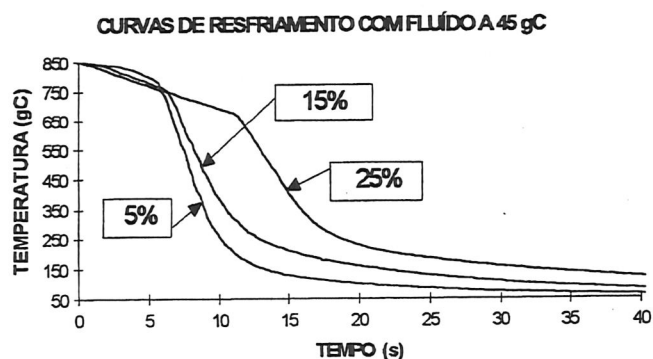


Figura 6 - Curvas de resfriamento para soluções de polímeros nas concentrações de 5%, 15% e 25%, realizadas a 45 °C.

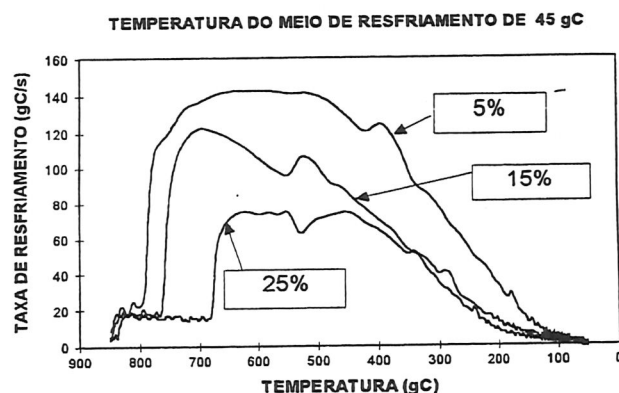


Figura 7 - Taxas de resfriamento das soluções de polímeros obtidas das curvas da Figura 6.

No caso das soluções de polímeros, como já mencionada anteriormente, o desempenho do meio de resfriamento é também da função da concentração, Fig. (6) e Fig. (7). A taxa máxima (Fig. (7)) é tanto maior quanto menor a concentração do polímero na solução. Isto acontece em função do estágio 1 do resfriamento ocorrer em maior ou menor tempo. Esta característica torna as soluções de polímeros bastante flexíveis permitindo a sua utilização numa ampla faixa

de composição de aços. Pode-se ainda modificar estas características atuando-se na intensidade de agitação destas soluções.

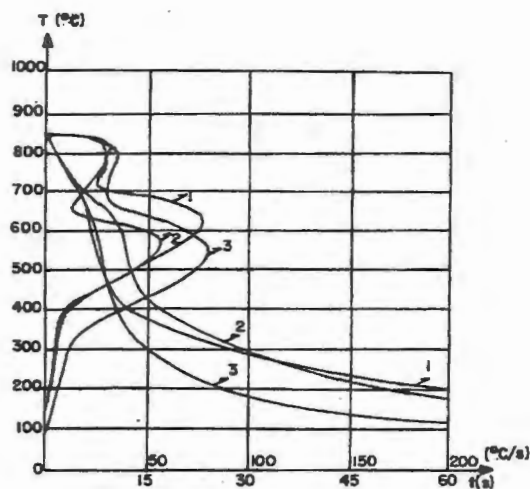


Figura 8 - Curvas e taxas de resfriamento de diferentes óleos em temperaturas de trabalho típicas. Curva 1: óleo para martêmpera a 100 °C. Curva 2 óleo para têmpera normal a 50 °C. Curva 3 óleo para têmpera rápida a 80 °C.

Há diversos tipos de óleos para tratamentos térmicos, apresentando cada um deles características diferentes de resfriamento. Este comportamento pode ser apreciado na Fig. (8), mostrando a maior taxa de resfriamento para o óleo de têmpera rápida com 80 °C/s.

Desta maneira é possível selecionar um tipo de óleo mais adequado à composição do aço e geometria da peça a ser temperada, proporcionando assim uma têmpera com menor risco de empenamentos e trincas.

5. CONCLUSÕES.

Os resultados obtidos levam-nos a concluir que este sistema informatizado é bastante prático e confiável, possibilitando grande repetibilidade nos ensaios e permitindo a caracterização de qualquer meio de resfriamento através da determinação da curva e taxa de resfriamento.

Este sistema é extremamente útil para verificar periodicamente o desempenho do banho de resfriamento, garantindo a execução do processo de têmpera dentro de sua faixa de trabalho.

REFERÊNCIAS.

- [1] Bates, C.E., Method for predicting quench severity effects on the properties of aluminium and steel alloys: I. Industrial Heating, p. 19-23, 1992.
- [2] Reti, T. et al, Quantitative characterization of quenching performances. Heat Treating, n.25, v.2., p.24-28, 1993.
- [3] Totten, G.E. et al, How H - factors can be used to characterize polymers. Heat Treating, p.28-29, 1989.
- [4] Dakins, M. E. et al, Estimating quench severity with cooling curves. Heat Treating, n.24, v.3.4., p.24-26, 1992.
- [5] Tensi, H.M. e Stich, A. Characterization of polymer quenchants. Heat Treating, n.25, v.5, p.25-29, 1993
- [6] Dakins, M.E et al, Calculation of the grossman hardenability factor from quenchant cooling curves, Metallurgia, n.56, v.12, 1989.
- [7] Tensi, H.M. et al, Fundamentals of quenching. Metal Heat Treating, 1995.
- [8] Bodin, J. e Segerberg, S., Measurement and evaluation of the power of quenching media for hardening. Heat Treating, n.20, p.15-23, 1993.
- [9] Sinyavtsev, G.D. et al, Cooling kinetics and features of structure formation during hardening in polymeric quenching media. Metal Science and Heat Treatment, n.31, v.9.10, p.687-689.
- [10] Hilder, N. A. A pump agitation system for assessing the cooling characteristics of quenchants. Heat Treatment of Metals, n.12, p.63-68, 1985.
- [11] Lally, K.S. e Totten, G.E., Proper agitation dictates quench success. Heat Treating, n.24, v.10, p.38-31, 1992.
- [12] Mason, K.J. e Capewell, I. The effect of agitation on the quenching characteristics of oil and polymer. Heat Treatment, n.13, v.4, p.99-103, 1986.
- [13] Boyer, H.E. e Cary, P.R. Quenching and control of distortion. ASM International, Ohio, 289p., 1988.

ABSTRACT

The cooling capacity fo quenching medium is a very important parameter in a hardening process. The quenching medium control is made by a periodic checking in the cooling curve and quenching rate of this fluid medium. In this work we use a computation system that , on real time, it records the data for the cooling curves and quenching rates. This system is used in a several quenching medium: water, polymer solution and mineral oils for to show the different characteristics of this fluid medium. This characteristics can be explored by process engineer in order to allow quality and repeated results in a quenching process.