

GUIA PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS – PARTE I – CONCEITOS E CATEGORIAS

Metalurgista Industrial

março 2021

www.metalurgistaindustrial.com.br

Em diversas Resenhas Técnicas e de Casos são mencionados processos de Tratamentos Térmicos, nos quais o calor é utilizado para alterar as propriedades de um metal ou ligas metálicas. Como o tempo a uma determinada temperatura é fator relevante, os processos de Tratamento Térmico são também definidos como tratamentos tempo-temperatura.

Os Tratamentos Térmicos são empregados para diversos propósitos, os mais relevantes sendo o controle das propriedades mecânicas, especialmente dureza, ductilidade, resistência e tensões internas. Essas propriedades são abordadas na Resenha Técnica Propriedades e Ensaio Mecânicos.

Tensões Internas

Tensões internas emergem em componentes advindas de muitas fontes e, se deixadas sem tratamento, podem conduzir a distorções, concentrações de tensões e falhas. Uma das causas mais comuns das tensões internas é o resfriamento não uniforme a partir de temperaturas elevadas. No resfriamento, a superfície perde temperatura rapidamente e sofre contração, enquanto que o núcleo permanece quente por mais tempo, de modo a propiciar o surgimento desse tipo de tensões. Os componentes são então aquecidos e mantidos a uma temperatura adequada por um tempo suficiente para promover a redução das tensões internas e resfriados lentamente com o propósito de não introduzir novas tensões.

Tipos de Tratamentos Térmicos

Há diversos tipos de Tratamentos Térmicos, alguns dos quais são aplicados apenas aos aços e outros apenas a outras ligas. Os primeiros são objeto da Parte II desta Resenha Técnica.

Os processos de Tratamento Térmico podem ser classificados genericamente em quatro categorias:

- Recozimento (*annealing*) – amolecimento (aumento de ductilidade)
- Endurecimento (*hardening*)
- Endurecimento superficial
- Miscelâneos

Recozimento

Como abordado na Resenha Técnica Tornando os Metais Mais Resistentes, quando um metal é submetido a trabalho a frio, como aquele conduzido à temperatura ambiente, sua microestrutura torna-se severamente distorcida devido a um aumento da densidade de discordâncias resultante da deformação.

O trabalho a frio provoca aumento da resistência e da dureza enquanto que a ductilidade é reduzida. Eventualmente é necessário recozer o material para permitir operações subseqüentes de deformação sem o risco de ruptura.

Os materiais trabalhados a frio com microestruturas altamente distorcidas encontram-se em um elevado estado de energia e são termodinamicamente instáveis. O recozimento é o processo de Tratamento Térmico que amolece um metal que foi endurecido por trabalho a frio, obtido pelo seu aquecimento a uma temperatura preestabelecida durante um certo período de tempo e depois resfriado à temperatura ambiente.

A redução na energia acumulada deve ocorrer por difusão, e a energia de ativação necessária para iniciar este processo é normalmente insuficiente à temperatura ambiente, daí advindo a necessidade de aquecimento. Como ocorre a liberação das tensões internas presentes nas redes cristalinas, a resistência decresce enquanto que a ductilidade cresce.

Alguns metais como baixos pontos de fusão têm temperaturas de recristalização inferiores à temperatura ambiente e não são passíveis de ser endurecidos por trabalho a frio, como, por exemplo, chumbo, estanho e zinco. Três diferentes fenômenos ocorrem durante o recozimento: recuperação, recristalização e crescimento de grão, como mais detalhadamente exposto na Resenha Técnica que leva esta designação.

Solubilização (*solution annealing*)

O tratamento de solubilização cumpre o propósito de dissolver precipitados presentes em uma liga metálica e dotá-la de uma microestrutura monofásica.

Endurecimento

Endurecimento é o processo pelo qual Tratamentos Térmicos são aplicados para promover o aumento da dureza de uma liga metálica. Temperabilidade (*hardenability*) é a capacidade que uma liga detém de sofrer endurecimento por meio de Tratamento Térmico. Os processos de endurecimento abrangem:

- Têmpera (*quenching*)

Para as ligas ferrosas, o endurecimento por têmpera é um tratamento de formação da austenita, seguido de uma taxa de resfriamento capaz de transformar uma parte substancial da fase austenítica em martensita. Esse processo é especificamente abordado na Parte II desta Resenha Técnica.

O processo de têmpera é aplicado a ligas alfa-beta, usualmente cobre e titânio por solubilização e têmpera de modo a promover o desenvolvimento de uma microestrutura similar à da martensita. Esse mecanismo é objeto da Resenha Técnica Titânio e Suas Ligas.

- Endurecimento por precipitação (*age hardening*)

Como particularizado na Resenha Técnica O Envelhecimento dos Metais e as Ligas de Alumínio, o processo de endurecimento por precipitação envolve o aquecimento de uma liga metálica a uma temperatura suficiente o bastante para dissolver um elemento de liga de modo a formar uma solução sólida supersaturada. Após, a liga é rapidamente resfriada (têmpera), com o que o elemento de liga permanece em solução. No aquecimento a uma temperatura intermediária, o metal hospedeiro rejeita o elemento de liga sob a forma de um precipitado uniformemente distribuído na matriz da liga. As finas partículas do precipitado agem como barreiras ao movimento de discordâncias e aumentam a dureza e a resistência da liga.

As ligas que se prestam ao endurecimento por precipitação incluem as de alumínio, algumas ligas de cobre, superligas à base de ferro e níquel, aços maraging e inoxidáveis endurecidos por precipitação.

- Dispersão de óxidos (*oxide dispersion strengthening*)

As ligas metálicas denominadas *oxide dispersion strengthened alloys* (ODS) são usualmente produzidas pela dispersão de partículas nanométricas de óxidos de metais fortemente formadores de óxidos. Esse mecanismo baseia-se na não coerência entre as partículas e a rede cristalina, criando obstáculos ao movimento das discordâncias. O processo de metalurgia do pó, objeto de Resenha Técnica em Tecnologias de Processos, é o método mais usual para o processamento desse tipo de ligas.

Endurecimento Superficial

Os tratamentos de endurecimento superficial são utilizados para prover propriedades desejáveis na superfície de um componente que não são necessárias ou obtíveis ao longo deste. Esse tipo de tratamento compreende:

- Endurecimento por chama (*flame hardening*), que consiste na austenitização da superfície de um aço pelo seu aquecimento por maçarico seguido imediatamente de têmpera. Uma camada superficial endurecida por martensita é formada sobre um núcleo interior.
- Endurecimento por indução (*induction hardening*), empregando indução eletromagnética para promover o aquecimento da camada superficial de um componente ferroso acima da temperatura crítica, seguido imediatamente por têmpera.
- Endurecimento externo (*case hardening*), referindo-se a qualquer processo aplicado aos aços que promovem alteração na composição química da camada superficial pela absorção de carbono, nitrogênio ou mistura de ambos, e, por difusão, criar um gradiente de concentração na superfície. Há outros tratamentos superficiais como boronização e siliconização que difundem outros elementos além dos antes citados também com o propósito de alterar as propriedades superficiais.

Miscelâneos

Existem diversos Tratamentos Térmicos particulares para materiais específicos, produtos e resultados proprietários. Exemplos dessa natureza incluem *patenting*, enrijecimento (*stiffening tempering*) e maleabilização.