INTERFACE TECNOLÓGICA

A IMPORTÂNCIA DA TÊMPERA POR INDUÇÃO ELETRÔNICA NO TRATAMENTO DE MATERIAIS DE AÇO

THE IMPORTANCE OF TEMPERING BY ELECTRONIC INDUCTION IN THE TREATMENT OF STEEL MATERIALS

Fábio Cabral - fabiocabraal285@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal - Jaboticabal - São Paulo – Brasil

Edemar Ferrarezi Junior - edemar.junior@fatectq.edu.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga - Taquaritinga - São Paulo – Brasil

Arthur Carrasqueira - arthur.carrasqueira@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga - Taquaritinga - São Paulo - Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i2.2265
Data de submissão: 03/09/2025
Data do aceite: 28/11/2025
Data da publicação: 20/12/2025

RESUMO

O presente trabalho discute a importância da têmpera por indução eletrônica no processo de tratamento térmico em aço, enfatizando a sua evolução frente à têmpera convencional. Tradicionalmente, a têmpera tenciona aumentar a dureza e a resistência superficial dos materiais, diminuindo o desgaste. A técnica por indução vem como alternativa eficiente, proporcionando aquecimento localizado com menor deformação e maior controle dimensional. O objetivo deste estudo é demonstrar os benefícios desse processo, através de um estudo de caso na empresa SKF do Brasil, comparando-o ao método convencional. Justifica-se pela necessidade da indústria em obter processos mais rápidos, limpos, econômicos e com menor impacto ambiental. A metodologia baseada em revisão bibliográfica, levantamento técnico e análise de dados obtidos em estudos na prática industrial. Os resultados mostraram que a têmpera por indução possibilita excelente dureza superficial sem comprometer o núcleo, distribuindo tensões residuais de forma equilibrada, aumentando a vida útil dos componentes. A comparação entre os processos mostrou que a indução gera menores deformações e melhor desempenho mecânico, em peças que exigem alta resistência ao desgaste, como engrenagens, eixos e rolamentos. Conclui-se que o processo de têmpera por indução se destaca como uma solução tecnológica sustentável, precisa e altamente eficiente, sendo fundamental para a indústria moderna que busca aliar desempenho mecânico, economia e sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Indução eletrônica. Materiais de aço. Têmpera. Tratamento térmico.

ABSTRACT

This paper discusses the importance of electronic induction hardening in the steel heat treatment process, emphasizing its evolution compared to conventional hardening. Traditionally, hardening aims to increase the hardness and surface resistance of materials, reducing wear. The induction technique is an efficient alternative, providing localized heating with less deformation

and greater dimensional control. The objective of this study is to demonstrate the benefits of this process, through a case study at SKF do Brasil, comparing it to the conventional method. It is justified by the industry's need for faster, cleaner, more economical processes with less environmental impact. The methodology is based on a literature review, technical survey and analysis of data obtained from studies in industrial practice. The results showed that induction hardening allows excellent surface hardness without compromising the core, distributing residual stresses in a balanced manner, increasing the useful life of components. The comparison between the processes showed that induction generates less deformation and better mechanical performance in parts that require high wear resistance, such as gears, shafts and bearings. It is concluded that the induction tempering process stands out as a sustainable, precise and highly efficient technological solution, being fundamental for the modern industry that seeks to combine mechanical performance, economy and environmental sustainability.

Keyword: Electronic induction. Steel materials. Tempering. Heat treatment.

1. INTRODUÇÃO

A têmpera é conhecida como todo processo de maneira geral em uma grande variedade de aços. É um importante tratamento dos aços dos quais são usados em construção mecânica. Resultando em modificações no que tange a dureza dos aços, aumentando a resistência quanto desgaste e tração, logo as propriedades referentes à ductilidade sofrem diminuição relevante. Internamente as tensões são geradas em grande intensidade (Revista Ferramental, 2022).

Quando a resistência gerada por tais tensões, associadas a uma alta dureza e baixo teor de ductilidade, deve se empregar um outro tratamento térmico, chamado de revenimento, para a melhoria na tenacidade e ductilidade. Consistindo em etapas seguintes ao tratamento térmico de têmpera, a peça é conduzida ao forno ou podendo ser aquecida no processo de indução até que alcance uma alta temperatura , consistindo na reorganização dos cristais, metal ou aço.

Já a tempera, o aço sofre um resfriamento brusco até que atinja a temperatura ambiente, o motivo de ser feito o resfriamento inesperado, é evitar que o aço perca suas características obtidas pela etapa do aquecimento. Recomenda-se a realização desse tipo de procedimento sempre para o tratamento térmico da têmpera (Totten, 2006).

A fim de ter um conhecimento aprofundado sobre o tema e assunto proposto, definir o tratamento térmico adequado para eficiencia do projeto, tendo em vista qual resistência o componente demandará, tração ou torção, e assim, selecionando o material e o tratamento adequado ao item. Quando eleva-se a tensão de escoamento, consequentemente o módulo de resiliência dos aços, faz-se necessário que os mesmos sofram tratamento térmico, no intuito de obter melhor resistência. O tratamento térmico de têmpera é feito com o aquecimento do material (visando a mudança de fase da composição do material, onde a temperatura chega a faixa de 830ºC, podendo variar até 870 ºC (Silva, 2011).

Segundo Silva, 2011, no tratamento da têmpera por indução onde existe transformações elétrica para obtenção de um bom resultado, realiza-se um procedimento de qualidade onde todas as etapas tenham um padrão de excelenncia, a superfície da peça é aquecida onde através do uso da água ela é resfriada, pelo campo magnético a têmpera por indução garante, em pouco tempo, uma corrente elétrica, em que o material ao estar numa profundidade rasa é aquecido e em seguida, arrefecido num banho concentrando cristais nas camadas externas, mantendo as características originais e de núcleo inalterado.

O objetivo desse trabalho é abordar a importância da têmpera por indução eletrônica, quando aplicado em peças de aço carbono, e sua relevancia sobre a tempera convencional,

através de um estudo de caso realizado na fábrica de rolamentos SKF do Brasil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta secção baseia-se nos princípios da indução eletromagnética e nas transformações de fase nos materiais. Quando uma corrente elétrica de alta frequência passa por uma bobina, um campo magnético alternado é gerado. Esse campo magnético induz correntes parasitas (correntes de Foucault) em materiais condutores próximos à bobina. Essas correntes parasitas geram calor devido à resistência elétrica do material, aquecendo-o de forma rápida e eficiente (Rudnev et al., 2017).

2.1. A Têmpera por Indução

A têmpera por indução é conhecida por um tratamento térmico aplicado a uma peça, onde ela é aquecida, por meio de indução elétrica, limitando-se a camadas periféricas da peça, (Maxitrate, [s.d.]).

O tratamento térmico por têmpera funciona através do aquecimento do aço até uma temperatura adequada, onde sua estrutura se transforma em austenita, em seguida, realiza-se um rápido resfriamento, geralmente por meio de água, óleo ou outros meios, promovendo a formação de martensita, sendo esta a estrutura responsável pelo aumento da dureza e resistência do material. Esse processo ocorre em um curto intervalo de tempo, favorecendo assim a produtividade e reduzindo a possibilidade de distorções na peça (Callister e Rethwisch, 2014).

Ainda para o autor, durante o tratamento, a peça é submetida a diversas etapas, tendo como objetivo o melhoramento de suas propriedades mecânicas. No caso específico da têmpera por indução, destaca-se o ganho em dureza superficial, expeficicamente em regiões sujeitas à abrasão e ou desgaste. Esse tratamento térmico é amplamente utilizado para melhorar a performance de componentes de aço carbono submetidos a solicitações intensas, garantindo o prolongamento de sua vida útil.

Na indústria metalmecânica onde a demanda de aços é grande e suas propriedades mecânicas e tribológicas devem possuir grandes exigências, é preciso que se combine baixo custo e alto desempenho, a fim realizar aplicações com qualidade e adequação (A voz da indústria, 2019).

A utilização de softwares de simulação para o tratamento térmico tem se mostrado uma ferramenta estratégica, especialmente em análises quanto aos aspectos técnicos e financeiros

desse tipo de processo, permitindo prever com acurácia o comportamento térmico dos materiais, auxiliando na redução do consumo energético. Representando assim uma economia significativa quanto aos custos, principalmente no desenvolvimento novos processos, ou na implementação de novos produtos, visando solucionar possíveis falhas. De acordo com Totten (2013), a simulação computacional faz-se necessária na antecipação de problemas operacionais, promovendo com eficácia o controle da qualidade, além de aumentar a eficiência geral do tratamento térmico.

Diante da obtenção de resultados seguros pela ferramenta de simulação, tornam-se coerentes e necessários a utilização dos dados de entrada, e as hipóteses de toda simulação do processo de tratamento térmico, tal como o comportamento mecânico e as seguintes propriedades termo físicas referentes a cada fase, e as equações cinéticas de transformações das fases. Ao utilizar tanto para simulação de conformação massiva ou para simulação de tratamento térmico empregando cálculos das propriedades dos materiais (Revista Industrial, 2018).

A técnica de têmpera por indução é amplamente utilizada na indústria para o tratamento térmico de peças metálicas (Figura 1).

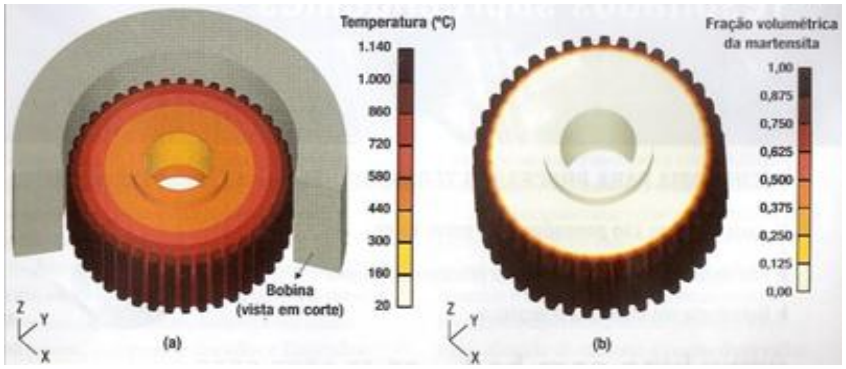


Figura 1: Demonstrativo da temperatura na peça pelo processo da têmpera por indução
Fonte: Revista Industrial (2018).

Esse processo envolve o aquecimento rápido e localizado da peça utilizando campos eletromagnéticos de alta frequência, seguido por um resfriamento rápido aumentando a dureza e a resistência do material.

2.2. A Cementação

Os aços com baixa capacidade de endurecimento, apresentam baixo teor de carbono, para essa limitação é comum aplicar o processo de cementação, este que consiste na introdução de carbono na superfície do material, aumentando seu teor apenas na camada externa. Esse

enriquecimento superficial visa a eficácia da têmpera nessa região, aumentando gradualmente a dureza e a resistência ao desgaste. Após a cementação, a peça é usualmente submetida à têmpera e, posteriormente, ao processo de revenimento, a fim de consolidar a a tenacidade da camada endurecida. Segundo Honeycombe e Bhadeshia (2006), a cementação seguida de têmpera é uma técnica amplamente utilizada no melhoramento das propriedades superficiais de componentes submetidos a esforços mecânicos, como engrenagens e eixos.

Toda peça a ser tratada precisa estar livre de contaminantes e impurezas em sua face superior, como soluções alcalinas, óxidos e óleos, que podem reagir, bloqueando ou dificultando a difusão de carbono na superfície da peça durante o processo (Revista Ferramental, 2022).

2.3. O Revenimento

O revenimento é uma fundamental etapa, esta que sucede a têmpera consistindo no reaquecimento, este de maneira controlada da peça a uma temperatura abaixo da zona crítica, seguido de um adequado resfriamento, este que geralmente ocorre em temperatura branda.

Esse processo objetivasse na redução das tensões internas ocasionadas pela têmpera, melhorando a tenacidade do material, além de ajustar a dureza final da peça. De acordo com Lima (2010), o revenimento (Figura 2), é indispensável para garantia do equilíbrio entre dureza e resistência mecânica dos componentes submetidos a esforços dinâmicos.

O revenimento do material tem o seguinte objetivo:

- Aumentar a ductilidade;
- Ampliar a resistência;
- Homogeinização da dureza;
- Eliminação da fragilidade.

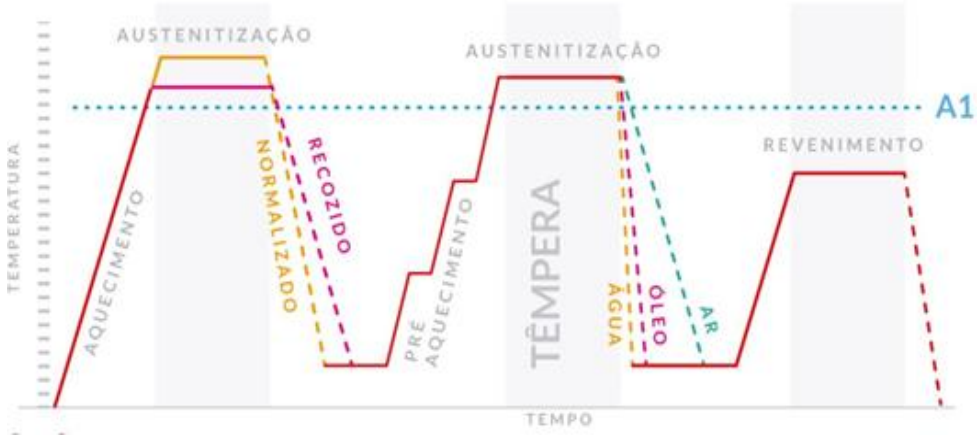


Figura 2: Processo de Têmpera
Fonte: Revista Ferramental (2022).

O processo de têmpera é um tratamento térmico onde o aquecimento da peça modifica as propriedades dos metais, e após o resfriamento ocorre a melhoria de sua resistência e dureza.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho teve como base o seu processamento e terá o desenvolvimento de um futuro protótipo baseado nos conhecimentos adquiridos durante o curso Produção industrial, como materiais e modificações: (termodinâmica, cálculos, física, entre outros). Para processar os tópicos mencionados, foram utilizadas pesquisas bibliográficas para a realização de trabalhos sobre o tema escolhido, livros, revistas, artigos científicos e sites seguros, cujas fontes são confiáveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento térmico por indução traz o enriquecimento das propredades mecânicas apresentando mudanças ao empregodo do aço visando perenidade dos equipamentos, reduzindo desgastes afim de minimizar custos com substituição de peças e ou paradas desnecessárias. (Serra Metal, 2020).

A têmpera por indução é amplamente utilizada em componentes de ferro e aço, estes que requerem alta dureza em sua superfície, mantendo ao mesmo tempo a tenacidade em seu núcleo. Esse processo é de grande eficácia para as peças nas quais o endurecimento deve ocorrer apenas em áreas específicas, acompanhando com precisão toda a geometria da peça.

Segundo Avner (1974), essa relatividade torna a têmpera por indução o processo necessário para elementos como engrenagens, eixos e trilhos, onde a resistência ao desgaste deve ser superficial, além de fundamental sem comprometer a integridade estrutural interna.

A têmpera por indução é realizada para o endurecimento de diversos tipos de componentes, ex: engrenagens, eixo de comando, eixo de acionamento, eixo de saída, engrenagens, barras de torção, brocas de rochas, anéis giratórios, etc (Enrx, 2023). E seus benefícios são:

- Processo rápido e de alta repetibilidade, integrado dinamicamente nas mais variadas linhas de produção;
- Processo totalmente limpo, seguro e eficiente, nos termos enérgico, mantendo tipicamente uma pequena pegada ambiental;
- As peças individualmente tratadas são endurecidas seguindo uma especificação criteriosa.

4.1. Os componentes que são utilizados na têmpera

Os componentes (elementos) que são de liga a fim de aumentar a temperabilidade do aço são: C - Carbono; Mn - Magnésio; Mo - Molibdênio; Cr - Cromo.

Para obtenção de material com boa temperabilidade, é indispensável que as ligas contenham proporções adequadas de elementos de liga, como cromo, molibdênio e vanádio. A escolha correta do tipo de tratamento térmico, da faixa de temperatura e do meio se resfriará é crucial para sustentar as propriedades desejadas do aço. O controle austero das temperaturas tanto de aquecimento quanto de resfriamento minimiza os riscos de deformações e ou tensões residuais no material. Um bom exemplo se dá no caso do aço AISI D2, um aço ferramenta de alta liga, onde sua têmpera é realizada normalmente entre 1000 °C e 1050 °C. Segundo Callister (2012), a combinação entre a composição química e os parâmetros térmicos, quando bem definidos é o fator que assegura o desempenho perfeito do material nas mais diversas aplicações industriais, sendo estas mesmo que severas.

As propriedades desejadas e que devem ser obtidas pela microestrutura do material, modifica-se através do tratamento térmico. Para cada caso existirá uma necessidade diferente, ou seja, o tratamento térmico não será apenas para o endurecimento, podendo ser também apa o amolecimento, este, chamado de recozimento. A peça ao sair do processo inicial de fabricação, seja ele, fundição, prensagem, forjamento e laminação, passará por outros processos mecânicos antes de ficarem prontas, um exemplo é o eixo, este precisar ser usinado, desbastado em um torno e perfurado (Serra Metal, 2020).

Para que se tenha facilidade quanto no que tange a conformação do aço, o mesmo precisa

apresentar baixa dureza. Para peças com elevada quantidade de carbono, é usual a utilização de um tratamento térmico denominado como esferoidização, onde o material é aquecido a uma temperatura relativamente acima da zona crítica por um determinado tempo. Em seguida, é desligado o forno, fazendo com que o resfriamento ocorra lentamente em seu interior, esse processo propicia a formação de cementita esferoidal na matriz ferrítica, dessa maneira melhorando substancialmente a usinabilidade do aço. Segundo Totten (2006), esse tratamento é indicado para aços com alto teor de carbono, por esses possuirem maior quantidade de cementita quando comparado aos aços de médio e baixo carbono, assim existindo vários tipos de aços, onde cada um deles apresentam caracteristicas particulares (Quadro 1).

Quadro 1: Os principais tipos de aço ferramenta conforme o AISI

Grupo	Símbolo de Identificação
Aço temperado em água	W
Aço resistente ao choque mecânico	S
Aço temperado em óleo para trabalho a frio	O
Temperado a ar para trabalho a frio, liga média	A
Alto carbono, alto teor de cromo, para trabalho a frio	D
Aço para molde	P
Trabalho a quente, com cromo, molibdênio e tungstênio	H
Aço rápido com Tungstênio	T
Aço rápido com Molibdênio	M

Fonte: Serra Metal (2020).

Assim são classificados os seguinte aços ferramenta de acordo com um sistema de numeração padrão.

4.2. Os efeitos dos parâmetros de têmpera por indução

A têmpera por indução, têm uma quantidade variável de controle que afetam de modo direto o resultado da câmara temperada. Os principais parâmetros e seus efeitos, seguinte geometria da peça, cuja determinam a microestrutura e também a profundidade do endurecimento da camada, é pela frequência de potência da corrente alternada, e velocidade de avanço do indutor, no tipo de resfriamento e de geometria da bobina (Figura 3) (Rudnev, 2017).

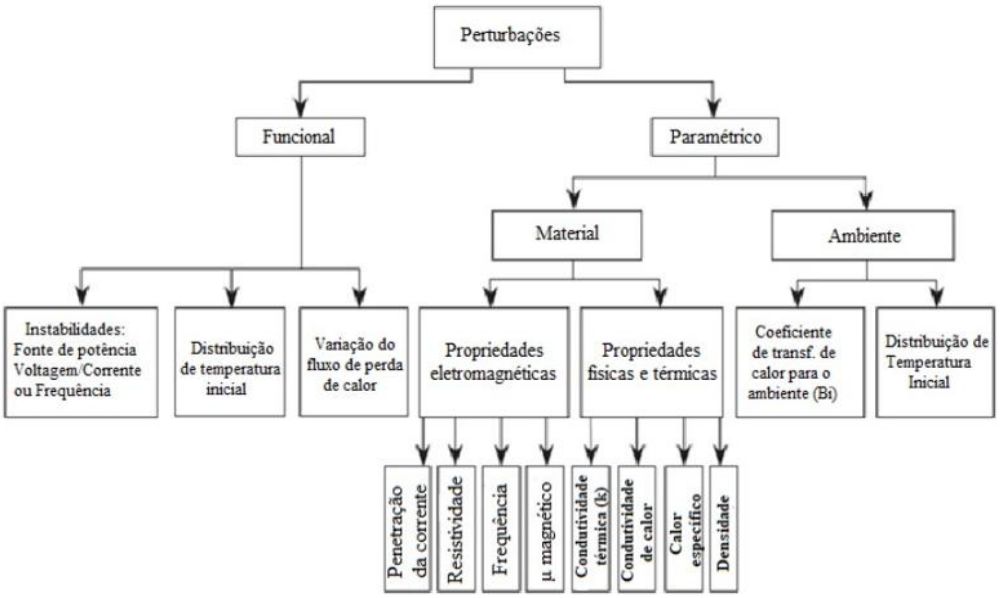


Figura 3: Os parâmetros de influência pelo processo de têmpera por indução
Fonte: Rapoport (2007).

Assim, temos especificamente os parâmetros essenciais para obtenção dos resultados desejados na têmpera por indução, garantindo que a peça tenha as propriedades mecânicas adequadas para sua aplicação específica.

Dessa forma a seguir apresentasse uma comparação dos valores de tensão residual em diferentes profundidades a partir da superfície para dois processos de tratamento térmico: têmpera por indução e têmpera convencional. Os dados são fornecidos em megapascal (MPa) e foram extraídos de um estudo de caso realizado na empresa de rolamentos SKF do Brasil (Felippe; Couto; Lima, 2009).

Tabela 1: Comparação de tensão residual

Distância da superfície (μm)	Indução (MPa)	Convencional (MPa)
0	160	162
10	117	107
20	81	19
40	-23	-72
60	5	-35
100	11	31
150	20	89
250	24	23
350	75	107

Fonte: Felippe; Couto; Lima, (2009)

A Tensão Residual: É a tensão interna, esta que permanece no material após o tratamento térmico. Essas tensões conhecidas por tração quando positivas ou compressão quando negativas, esse tipo de tração influencia diretamente o desempenho mecânico da peça

e sua vida útil.

- Na superfície (0 µm): Ambas as técnicas geram tensões de tração semelhantes (160–162 MPa).
- De 10 a 40 µm: A têmpera por indução apresenta uma queda mais suave das tensões, enquanto a convencional atinge valores mais negativos, especialmente aos 40 µm (–72 MPa), indicando tensões compressivas intensas.
- A partir de 60 µm: A indução volta a apresentar valores positivos, sugerindo maior estabilidade e menor risco de deformações internas.

A têmpera por indução destaca-se como uma escolha moderna e virtuosa ao tratamento térmico convencional, essencialmente na busca de qualidade no que tange dimensionamento e desempenho mecânico em peças de aço. Uma das principais vantagens desse processo é a técnica de aquecer seletivamente áreas específicas da peça, permitindo que o núcleo se mantenha com boa ductilidade durante o tempo em que a superfície atinge alta dureza.

Além disso, devido à condição localizada e controlada do aquecimento, as deformações geométricas são consideravelmente menores em comparação à têmpera em moldes convencionais, dessa maneira reduzindo rejeições e custos com retrabalho. Essa é uma característica lucrativa quanto tratasse da fabricação de itens como rolamentos, onde a exatidão dimensional é importante.

Um outro aspecto não menos importante e bem positivo é a distribuição equilibrada das tensões residuais estas que são geradas neste processo. Estudos mostraram que a têmpera por indução propende a produzir perfis cujas tensões são mais suaves, e com variações súbitas menores, contribuindo para maior estabilidade e durabilidade das peças.

A tempera por indução é um processo vantajoso quanto a perspectiva operacional, pois além de ser mais rápido, gasta menos energia, por não requerer fornos de grande porte, sendo em consequência disto uma alternativa mais eficiente e econômica em aplicações industriais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerasse que a têmpera por indução eletrônica é um dos processos mais efetivos e corretos, a ser usado em inúmeras aplicações, onde inclui: a têmpera superficial, recozimento e sinterização dos metais pulverizados, dentre outros. Na maioria das aplicações os tratamentos térmicos por indução, que assim pode ser abreviado, deve ser usado apenas em peças selecionadas. Todo processo é feito em um curto período de tempo, e traz alta eficiência, pois a

energia que se aplica, é apenas em certa parte onde o tratamento térmico foi realizado, alcançando excelente produtividade e poucas distorções, na geometria da peça.

Os sistemas de aquecimento por indução, não faz a queima de combustíveis fósseis, tradicionais, porque se faz o uso de indução, ou seja, é um processo limpo, sem poluentes, ajudando assim na proteção do meio ambiente, além de não emitir fumaça, barulho, calor, que são nocivos a saúde humana.

Conclui-se, portanto, que o objetivo proposto foi alcançado, onde evidenciasse a importância da têmpera por indução elétrica e o seu predominio em relação à têmpera convencional. Essa constatação se sustenta pelos dados apresentados na seção de resultados e discussão, oriundos do estudo de caso realizado na empresa SKF do Brasil. Os resultados obtidos demonstram de maneira clara a real eficácia além da relevância técnica da têmpera por indução, comprovando sua aplicabilidade como alternativa mais eficiente frente ao método convencional.

REFERÊNCIAS

AVNER, Sidney H. **Introdução à metalurgia física**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1974.

A Voz da Indústria. **Tratamento térmico por indução**. In: Site, 2019. < Disponível em: https://avozdaindustria.com.br/artigos/tratamento-trmico-por-induo-reduz-custos-na-indstria-saiba-como/ >. Acesso em: 29 abr. 2025.

CALLISTER, Willian D. **Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CALLISTER, Willian D.; RETHWISCH, David G. **Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

COELHO Guilherme de Sousa. **Avaliação do efeito dos parâmetros de têmpera por indução sobre a microestrutura e a dureza de aços de construção mecânica.** In: Artigo, pdf. 92p, 2022. < Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232979/TCC_Materiais_UFSC_BNU_Guilherme_de_Sousa_Coelho.pdf >. Acesso em: 21 de dez. 2022.

ENRX. **A têmpera por indução.** In: Site, 2023. < Disponível em: https://www.enrx.com/pt-PT/Applications/Heat-applications/Hardening >. Acesso em: 05 de fev. 2023.
GHINDUCTION. **Sobre aquecimento por indução.** In: Site: 2011. < Disponível em: https://www.ghinduction.com/sobre-aquecimento-por-inducao/?lang=pt-br >. Acesso em: 14 de mar. 2023.

FELIPPE, Douglas Marquezin; COUTO, Antonio Augusto; LIMA, Nelson Batista de. **Comparação entre os processos de têmpera (tratamento térmico) convencional e por**

indução de rolamentos do aço DIN 100Cr6. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 64., 2009, Belo Horizonte. Anais [...]. São Paulo: ABM, 2009. Disponível em: https%3A%2F%2Fabmproceedings.com.br%2Fen%2Farticle%2Fdownload-pdf%2Fcomparao-entre-os-processos-de-tmpera-tratamento-trmico-convencional-e-por-induoderolamentosdoaodin100cr&usg=AOvVaw2xTmXtvYIBF3kgOAeGqRzG&opi=89978449. Acesso em: 29 abr. 2025.

HONEyCOMBE, Robert Willian Kerr.; BHADESHIA, Harshad Kumar Dharamshi Hansraj Steels: **microstructure and properties**. 3. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.

LIMA, Marcos. S. F. **Tratamentos térmicos dos aços e ferros fundidos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

Maxitrate. **Têmpera por Indução.** In: Site, [s.d.]. < Disponível em: http://www.maxitrate.com.br/cms/tempera-por-inducao/ >. Acesso em: 26 de nov. 2022.

Rapoport, Edward. **Controle ideal de processos de aquecimento por indução**. Boca Raton, Flórida: CRC/Taylor & Francis, 2007.

Revista Ferramental. **Processo de tratamento térmico**. In: Artigos, site 2022. < Disponível em: https://www.revistaferramental.com.br/artigo/o-que-e-tempera-processo-de- tratamento-termico-metalurgia >. Acesso em: 10 de dez 2022.

REVISTA INDUSTRIAL. **Tratamento térmico – Têmpera por Indução**. In: Site, 2018. Disponível em: < https://www.grefortec.com.br/blog/2020/01/06/tratamento-termico-tempera-por-inducao/ >. Acesso em: jan. 2023.

Rudnev. **Endurecimento superficial por indução de aços**. In: ASM INTERNATIONAL, 2017 (Ohio). ASM. **Manual ASM**: **fundamentos e processo de tratamento térmico de aço.** Parque de Materiais: ASM Internacional, 2013. p. 438-456.

_____**Tratamento térmico por indução de aço: princípios e aplicações.** 2º Ed. Brasil: CRC Press, 2017

FERREIRA, Carlos Roberto et al.. **Tratamento térmico por indução eletromagnética em tubos de aço SAE 1045 para produção de hastes de sondagem geológica**. Rem: Revista Escola de Minas, v. 57, n. 1, p. 23–26, jan. 2004.

Serra Metal. **Tratamento Térmico: O que é, procedimentos e aplicações.** In: Site, 2020. < Disponível em: https://serrametal.com.br/tratamento-termico/ > Acesso em: 29 abr. 2025.

SILVA, André Luiz Vieira da Costa e. **Aços e ligas especiais**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

TOTTEN, George E. Steel Heat Treatment: **Metallurgy and Technologies**. 2. ed. CRC Press, 2006.

TOTTEN, George E. Heat treatment of steels: **understanding the basics**. Materials Park: ASM International, 2013.