

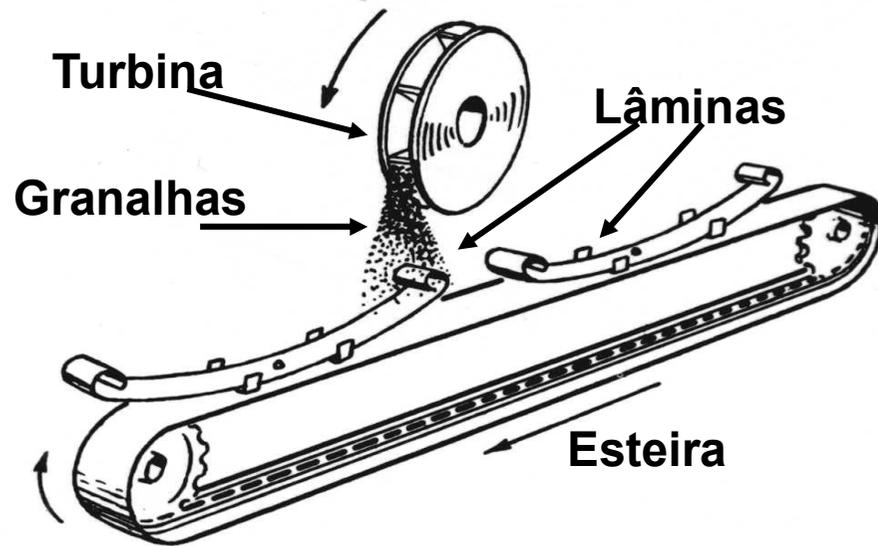
# Engenharia de Superfície: Tratamentos Superficiais

Profa.Dra. Lauralice Canale

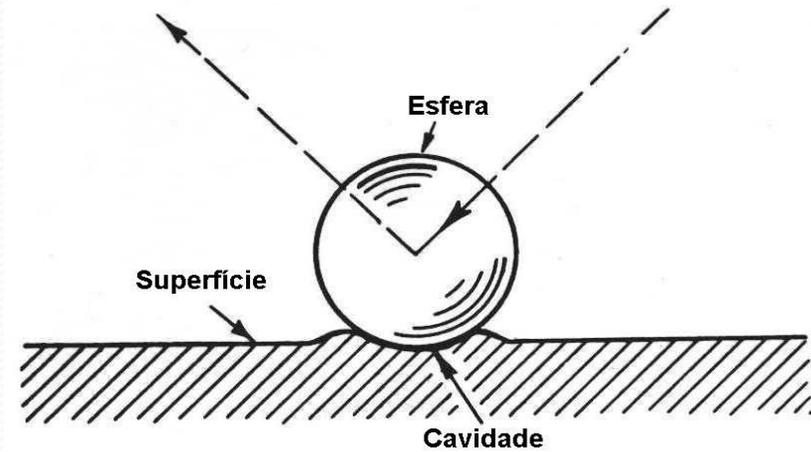
# Métodos de Endurecimento Superficial

- Encruamento por conformação mecânica a frio (“shot peening” ou “roletagem”);
- Têmpera superficial
- Tratamentos termoquímicos (cementação, nitretação, carbonitretação etc.)
- Tratamentos de eletrodeposição ou aspensão térmica (aplicação de “cromo duro”, revestimentos cerâmicos e etc.)

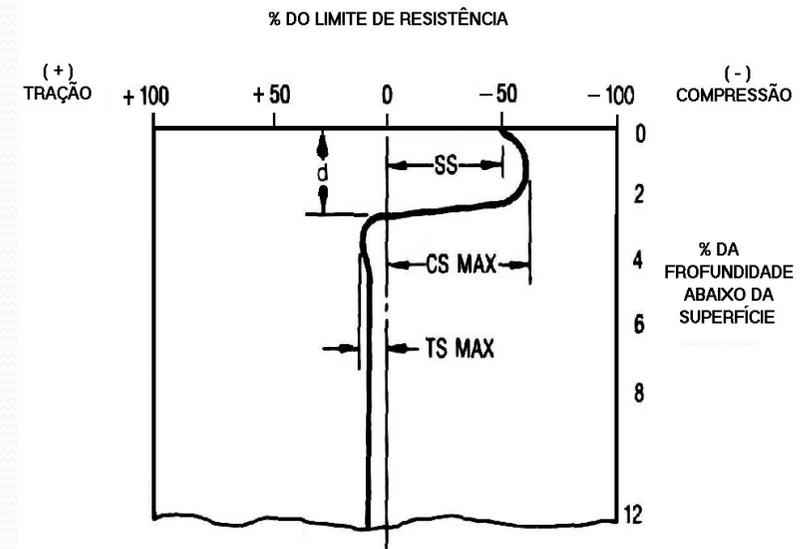
# “shot peening”



Esquema da realização do jateamento por granalhas – Feixe molas carro (lamina)



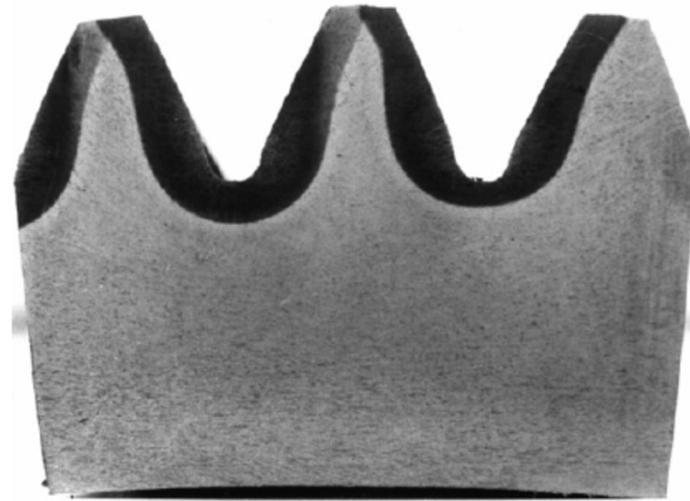
Formação da cavidade devido ao impacto da esfera no jateamento



Exemplo do perfil de tensão residual criado pelo processo de jateamento

# Endurecimento Superficial

- Os processos de endurecimento superficial visam o aumento de dureza (ou outras propriedades mecânicas) de uma região específica de um componente.
- Normalmente, tal região sofrerá algum tipo de solicitação localizada. A solicitação mais comum é o desgaste abrasivo e, assim, torna-se importante um aumento de resistência ao desgaste da região por meio de um endurecimento localizado, conservando as características originais do núcleo do componente

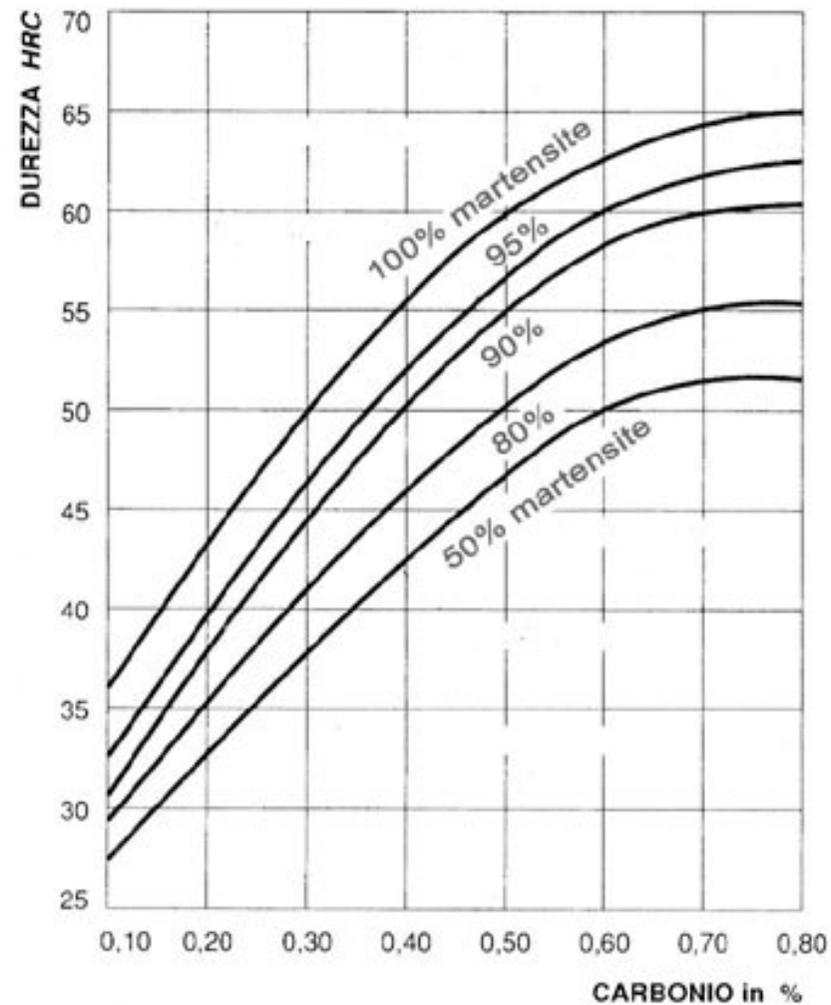


Engrenagem endurecida superficialmente pelo processo de têmpera por indução.

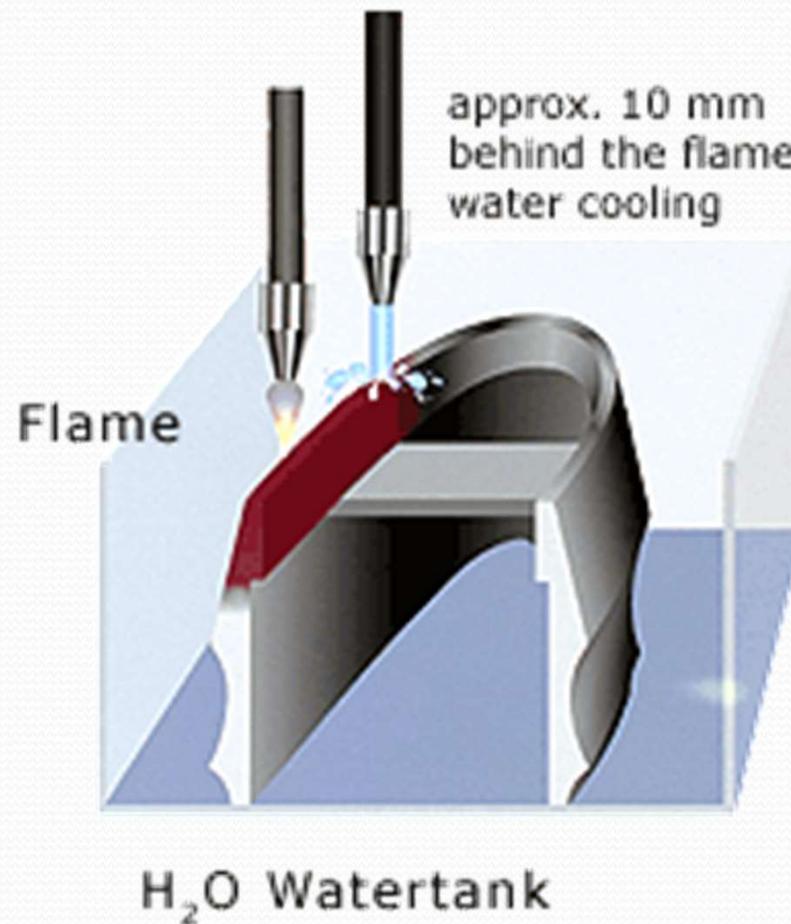
# Têmpera Superficial

- A têmpera superficial produz regiões endurecidas na superfície do componente (de microestrutura martensítica) de elevada dureza e resistência ao desgaste, sem alterar a microestrutura do núcleo.

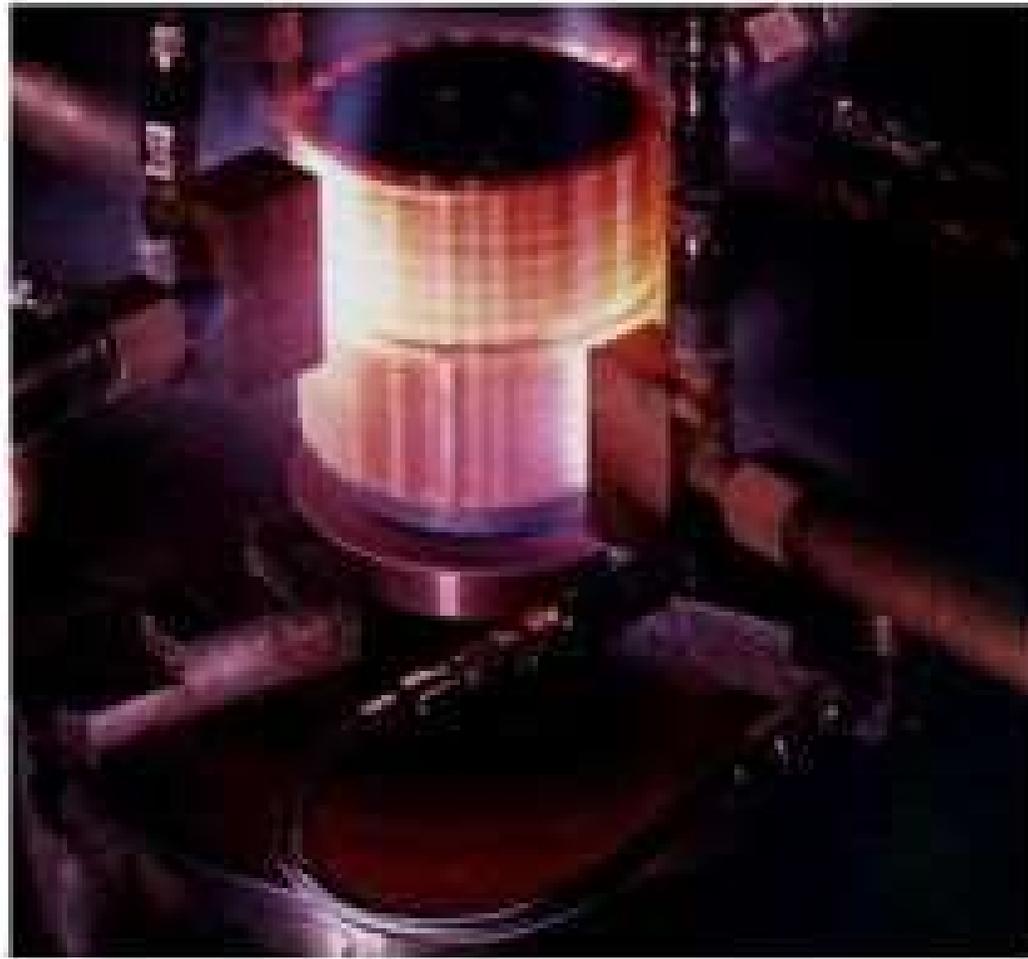
# Durezza da Martensita



# Têmpera Superficial a Chama

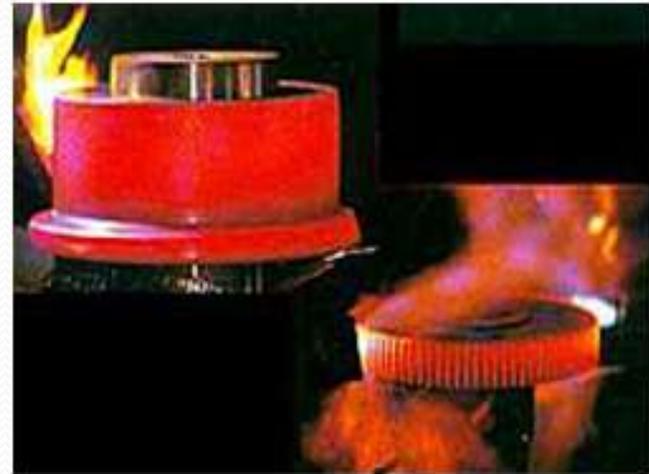


# Têmpera Superficial a Chama



# Têmpera por chama

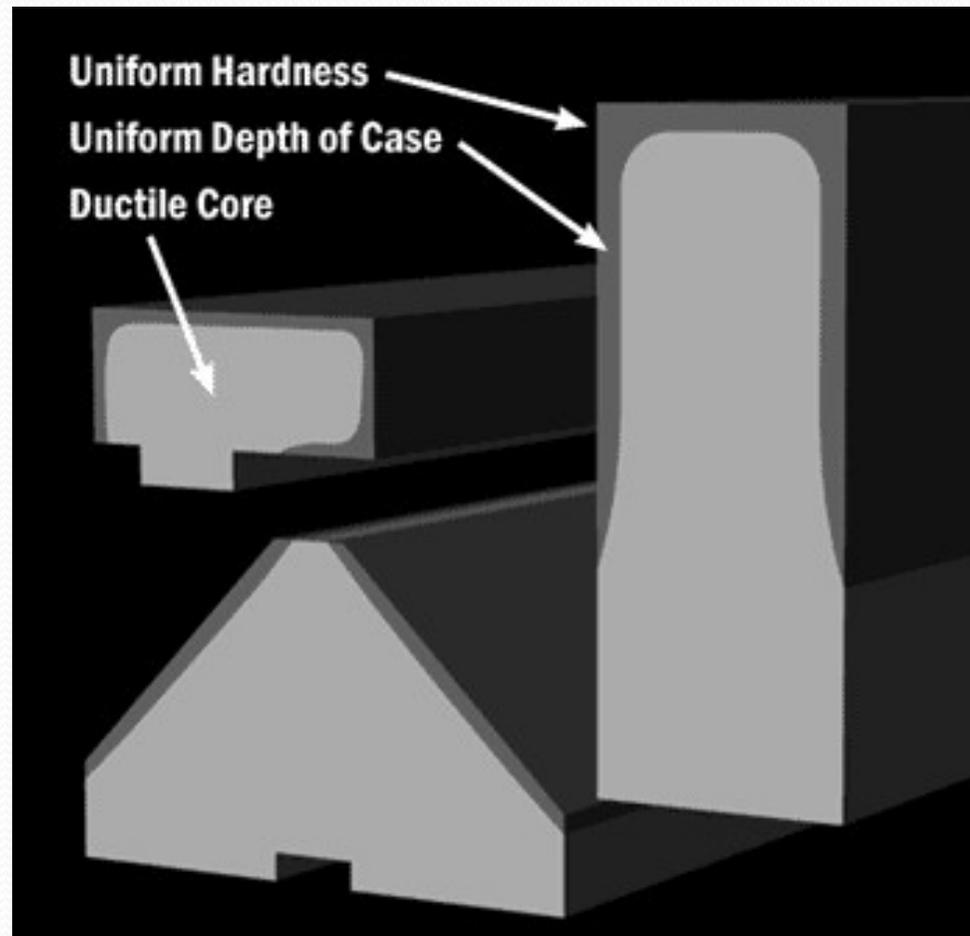
- O aquecimento é realizado por meio de chama oxiacetilênica até a austenitização da camada desejada. O resfriamento é realizado com salmoura, soluções de polímeros, água; por meio de spray ou imersão.
- Podem ser atingidas profundidades de até 6,3 mm
- A profundidade da camada é controlada pela intensidade, distância e tempo de duração da chama aplicada



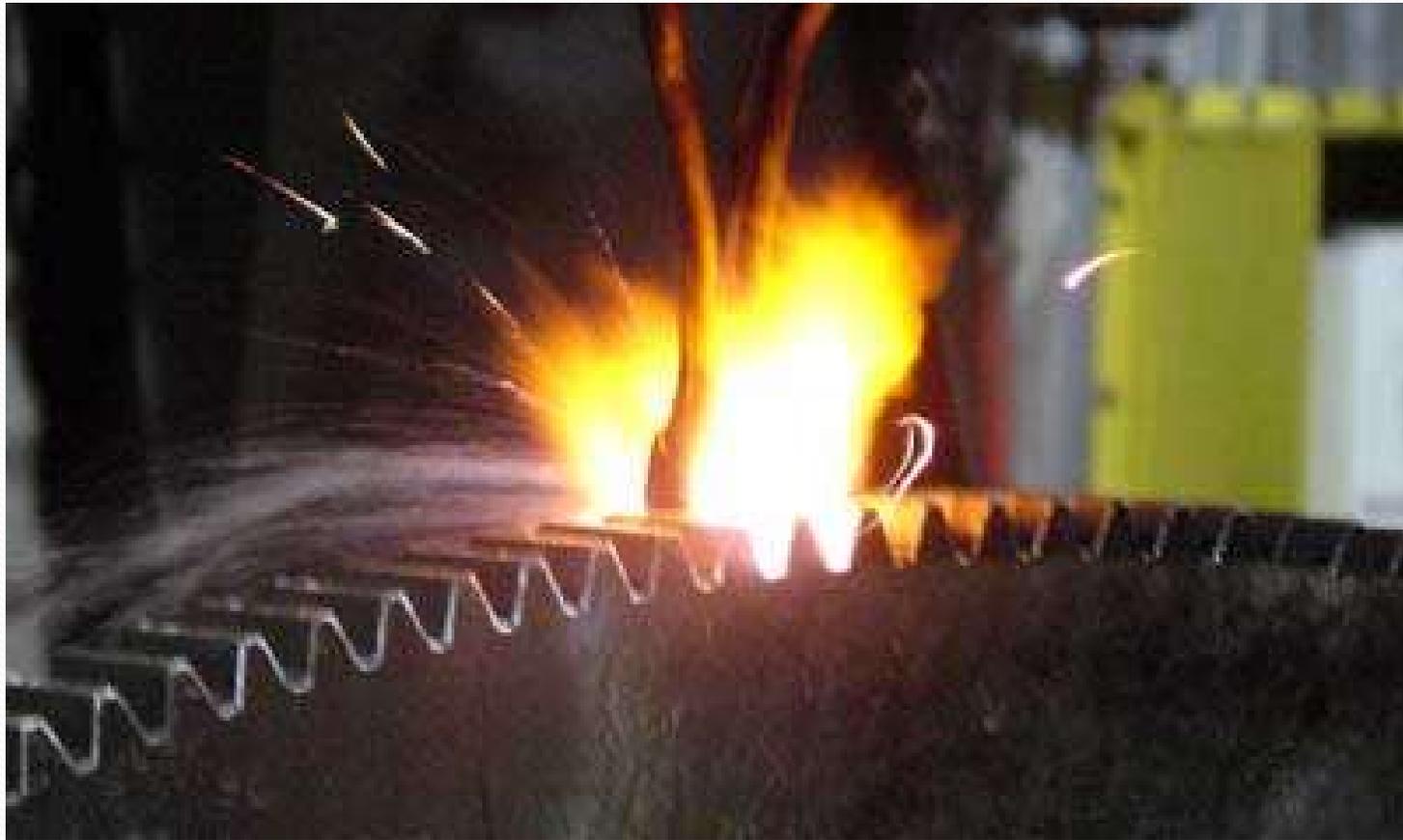
# Têmpera Superficial a Chama



# Têmpera Superficial a Chama



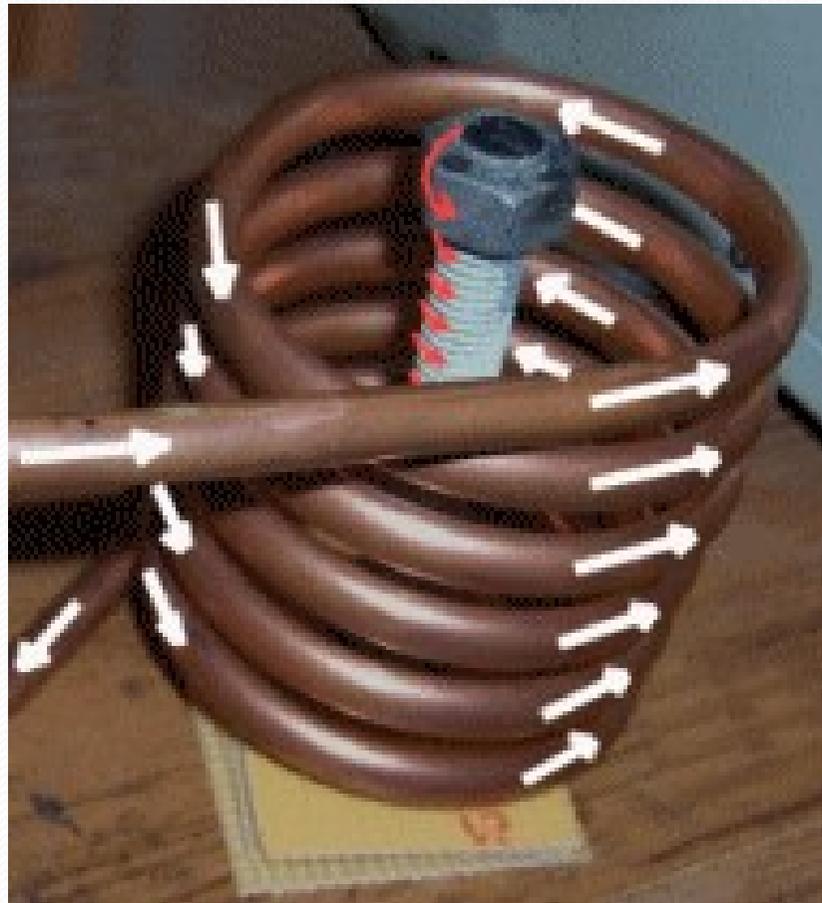
# Têmpera Superficial a Chama



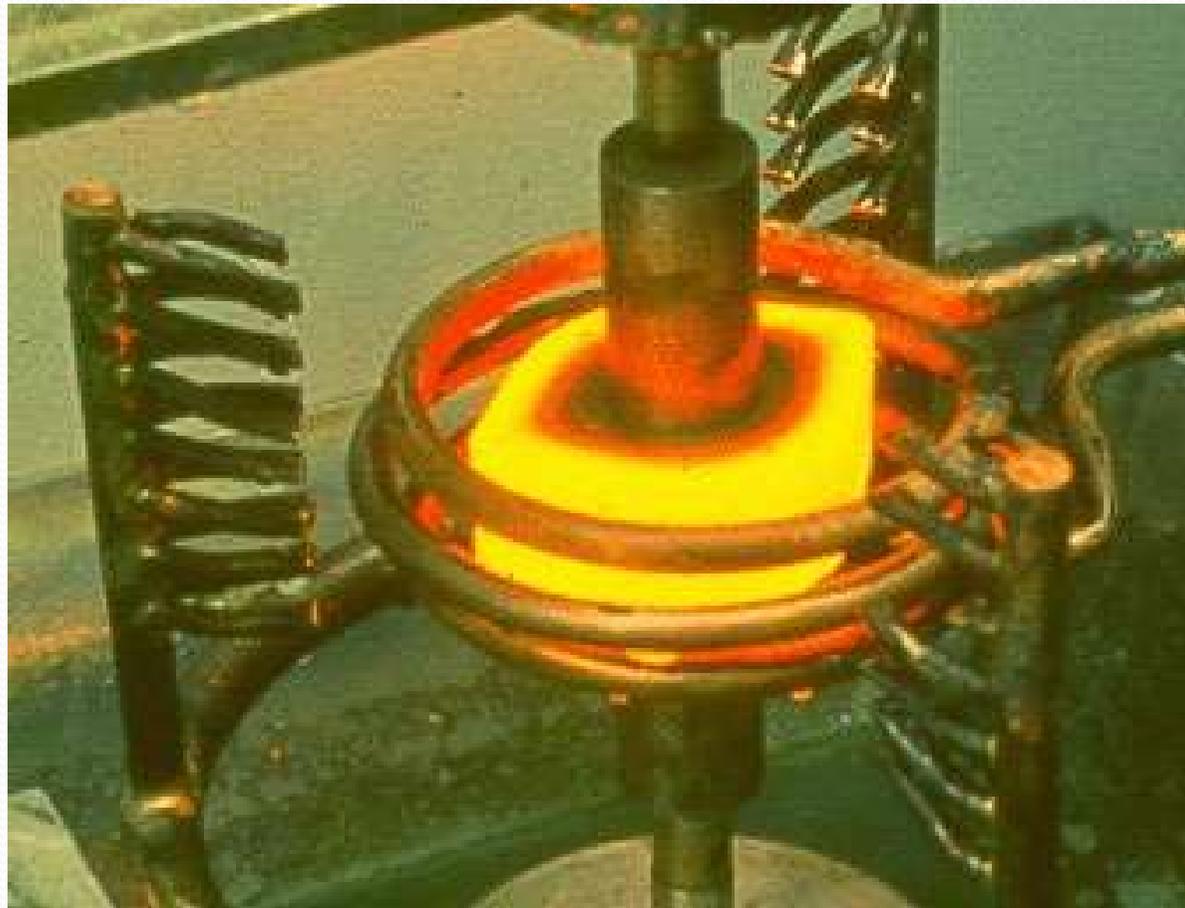
# TÊMPERA POR INDUÇÃO

- O calor é gerado na peça por indução eletromagnética, utilizando-se bobinas de indução, nas quais flui uma corrente elétrica de alta frequência.
- Se uma corrente alternada passa por um bobina, estabelece-se nesta um campo magnético alternado, o qual induz um potencial elétrico na peça a ser aquecida. Como a peça é um circuito fechado, a tensão induzida provoca um fluxo de corrente. A resistência à passagem desta corrente provoca o aquecimento da região a ser temperada

# Indução (correntes parasitas)



# Profundidade



# Têmpera Superficial por Indução

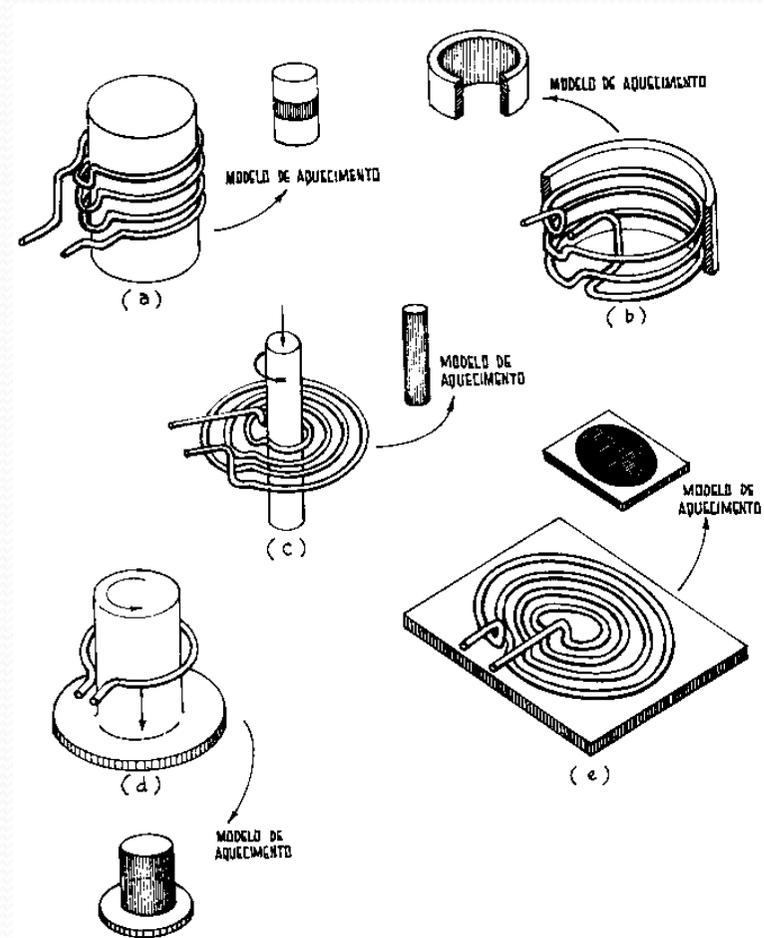


# Têmpera Superficial por Indução



# A profundidade da camada temperada é controlada pela:

- Forma da bobina
- Distância entre a bobina e a peça
- Frequência elétrica (500-2.000.000 ciclos/s)
- Tempo de aquecimento



# A profundidade da camada temperada é dada por:

$$p = 5030 \cdot (\rho / \mu \cdot f)^{1/2}$$

- $p$ : profundidade da camada em cm
- $\rho$  : resistividade do material em ohm.cm
- $\mu$  : permeabilidade magnética do material em Gauss/Oersted
- $f$  : frequência da corrente em Hz

# Têmpera por indução - Vantagens

- Pode-se determinar com precisão a profundidade da camada temperada.
- O aquecimento é rápido
- As bobinas podem ser facilmente confeccionadas e adaptadas à forma da peça
- Não produz o superaquecimento da peça → permitindo a obtenção de uma estrutura martensítica acicular fina
- Geralmente, possibilita um maior aumento da dureza e da resistência ao desgaste
- A resistência a fadiga é também superior
- Não tem problema de decarbonetação.

# Têmpera Superficial a Laser

