

CBC  
621.78  
SENAT

7FN  
2759

7 08.14  
343 4p



TRATADOR TÉRMICO  
DE METAIS

Ciudo: 7-26.10

Coleções Básicas Cinterfor - CBC

5 JUL 1976

## INTRODUÇÃO

Esta Coleção Básica Cinterfor - CBC - para *Tratador Térmico de Metais*, forma parte de um conjunto de CBC denominado *Mecânica Geral*.

O grupo tradicional de Mecânica Geral integra, em sua maior parte, as ocupações relativas à usinagem dos metais, subgrupo 8-3 da Classificação Internacional Uniforme de Ocupações da OIT (CIUO) e algumas ocupações dos subgrupos 8-4 e 8-7 do CIUO.

Estas coleções são destinadas à preparação do material de instrução para a parte prática dos cursos, tanto de formação profissional como de educação técnica.

Têm, além disso, validade regional, por serem coordenadas pelo CINTERFOR e produzidas por grupos de trabalho multinacionais de especialistas dos países latino-americanos.

*Classificação de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para MECÂNICA GERAL (Códigos)*

1- *Materiais usados em mecânica*

1-1. Classificação dos materiais. Generalidades.

1-2. Metais ferrosos. Principais ligas.

1-2.1 O alto forno. As fundições.

1-2.2 Obtenção dos aços.

1-2.3 Classificação dos aços.

1-2.4 Formas comerciais.

1-2.5 Propriedades dos aços.

1-2.6 Aços-liga.

1-3. Metais não ferrosos.

1-3.1 Elementos.

1-3.2 Ligas.

1-4. Tratamentos térmicos dos aços.

1-4.1 Com modificações físicas.

1-4.11 Têmpera.

1-4.12 Revenido.

1-4.13 Recozimento.

1-4.14 Normalização.

1-4.2 Com modificações químicas.

1-4.21 Cementação.

1-4.22 Cianuretação.

1-4.23 Nitretação.

1-4.24 Carbonitretação.

1-4.3 Equipamentos para tratamentos térmicos.

## 2- Metrologia

2-1. Conceitos de: Medida. Unidade. Sistemas de unidades utilizados em mecânica.

2-2. Instrumentos de medida.

2-2.1 Régua e fitas graduadas.

2-2.2 Paquímetro com nônio.

2-2.21 O nônio. Princípios e apreciação.

2-2.22 Paquímetro com nônio. Nomenclatura, tipos e emprego.

2-2.3 Micrômetros.

2-2.31 O micrômetro. Princípios e apreciação.

2-2.32 Nomenclatura, tipos e usos.

2-2.4 Goniômetros.

2-2.5 Pirômetros.

2-3. Instrumentos de verificação.

2-3.1 Régua e mesas de traçagem.

2-3.2 Esquadros, gabaritos.

2-3.3 Compassos.

2-3.4 Padrões.

2-3.41 Jogos de blocos-padrão dimensionais.

2-3.42 Padrões angulares.

2-3.43 Padrões para tolerâncias.

2-3.44 Verificadores de profundidade e de folgas.

2-3.5 Ampliadores.

2-3.51 Relógio comparador por meio de engrenagens.

2-3.52 Relógio comparador por meio de alavanca.

2-3.53 Pneumáticos.

2-3.54 Óticos.

2-3.6 Níveis.

2-3.7 De estado de superfície.

2-3.71 Medidores de dureza.

2-4. Causas de erros nas medidas.

2-5. Medições indiretas.

2-5.1 De ângulos por trigonometria.

2-5.2 De comprimentos por trigonometria.

2-5.3 Medições com cilindros.

2-6. Ajuste de peças. Definições.

2-6.1 Tolerâncias. Intercambiabilidade. Emparelhamento.

2-6.2 Tolerâncias normalizadas. Tabelas.

2-6.3 Ajustes normalizados.

2-6.4 Controle de tolerâncias e ajustes.

2-7. Medidas e verificações especiais.

2-7.1 Medidas e verificações nas roscas.

2-7.2 Medidas e verificações nas engrenagens.

2-7.3 Verificações de instrumentos.

2-7.4 Deslocamento nas máquinas-ferramentas.

2-8. Traçados.

### 3- Processos de fabricação de peças metálicas

#### 3-1. Por fusão.

3-1.1 Moldado em terra.

3-1.2 Em moldes metálicos.

#### 3-2. Por deformação plástica.

3-2.1 Laminado.

3-2.2 Estirado.

3-2.3 Trefilado.

3-2.4 Forjado.

3-2.5 Extrusão.

3-2.6 Curvado e dobrado.

#### 3-3. Por união.

3-3.1 Com solda.

3-3.2 Com rebites.

3-3.3 Com parafusos.

3-3.31 Formas distintas de unir com parafusos.

3-3.32 Parafusos e arruelas normalizados.

3-3.4 Por ajustes.

3-3.41 Com cunhas e chavetas.

3-3.42 Ajustes com aperto.

3-3.5 Por grafagem.

#### 3-4. Por retirada de cavacos de material.

3-4.1 Por corte mecânico. Teoria do corte. Máquinas-ferramentas.  
Velocidade de corte. Avanços.

3-4.11 Ferramentas.

3-4.12 Furadeira.

3-4.13 Torno.

3-4.14 Plaina.

3-4.15 Fresadora.

3-4.16 Serras mecânicas.

3-4.2 Por abrasão. Abrasivos. Rebolos.

3-4.21 Amoladoras.

3-4.22 Afiadoras.

3-4.23 Retificadoras.

3-4.24 Lapidadoras.

3-4.3 Com ferramentas manuais.

3-4.31 Limas.

3-4.32 Raspadores.

3-4.33 Alargadores.

3-4.34 Talhadeiras.

3-4.35 Machos de roscar.

3-4.36 Cossinetes.

3-4.37 Serras.

3-4.4 Por desintegração.

3-5. Metalurgia de pós.

3-5.1 Sinterizados.

3-6. Processos auxiliares.

3-6.1 Soldagem a arco elétrico.

3-6.11 Máquina de soldar e equipamentos especiais.

3-6.12 Elementos.

3-6.13 Processos.

3-6.2 Soldagem oxiacetilênica.

3-6.21 Equipamentos para soldar.

3-6.22 Elementos.

3-6.23 Processos.

4- *Órgãos, partes e acessórios das máquinas*

4-1. Estruturas

4-1.1 Bases e armações.

4-1.2 Barramentos.

- 4-1.3 Carros e suportes.
- 4-1.4 Cabeçotes.
- 4-2. Partes móveis.
  - 4-2.1 Guias para translações.
    - 4-2.11 Generalidades. Classificações.
    - 4-2.12 Disposições de ajuste e fixação.
    - 4-2.13 Dispositivo de compensação de desgaste.
  - 4-2.2 Árvores, eixos e seus suportes.
    - 4-2.21 Árvores de transmissão e seus acoplamentos. Generalidades.
    - 4-2.22 Cálculos.
    - 4-2.23 Normalizações.
    - 4-2.24 Os suportes. Generalidades. Classificações.
    - 4-2.25 Suportes com buchas de fricção.
    - 4-2.26 Suportes com buchas de esfera e roletes.
    - 4-2.27 Suportes com buchas hidráulicas.
    - 4-2.28 Chavetas.
- 4-3. Órgãos transmissores. (Cadeias cinemáticas)
  - 4-3.1 Polias, correias e cabos.
    - 4-3.11 Correias lisas e suas polias (Tipos e cálculos)
    - 4-3.12 Polias escalonadas. Cálculos.
    - 4-3.13 Correias em "v" e suas polias. Cálculos e normalizações.
    - 4-3.14 Cabos e suas rodas. (Tipos e cálculos)
  - 4-3.2 Correntes e suas rodas.
    - 4-3.21 Correntes de roletes.
    - 4-3.22 Correntes com perfil de dentes.
    - 4-3.23 Correntes de elos comuns (De aparelhos).
  - 4-3.3 Rodas de fricção.
  - 4-3.4 Rodas dentadas.
    - 4-3.41 Generalidades. Definições. Normalização. Classificação.



- 4-3.42 Trens de engrenagens.
- 4-3.43 Engrenagens cilíndricas de dentes retos.
- 4-3.44 Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais.
- 4-3.45 Engrenagens cônicas de dentes retos.
- 4-3.46 Engrenagens cônicas de dentes curvos.
- 4-3.47 O sistema parafuso sem-fim-coroa.
- 4-3.48 Caixas de engrenagens.
- 4-3.5 O sistema parafuso-porca.
  - 4-3.51 As roscas. Suas partes. Sua forma de trabalhar. Usos.
  - 4-3.52 Aplicação para obter deslocamentos. Parafusos e porcas.
  - 4-3.53 Controle dos deslocamentos. Os anéis graduados.
  - 4-3.54 Roscas normalizadas. Tabelas.
- 4-3.6 O sistema biela-manivela.
- 4-3.7 Sistemas com cames e excêntricos.
- 4-3.8 Sistemas hidráulicos.
- 4-3.9 Molas.
- 4-4. As máquinas-ferramentas (Generalidades).
  - 4-4.1 Definição. Características gerais.
  - 4-4.2 Suportes das ferramentas e porta-ferramentas com deslocamento reto.
    - 4-4.21 Castelos. (Tipos, características e usos).
  - 4-4.3 Suportes de ferramentas e porta-ferramentas que giram.
    - 4-4.31 Extremos cônicos dos eixos e os sistemas de fixação de ferramentas. Cones normalizados.
    - 4-4.32 Sistemas de placas roscadas.
    - 4-4.33 Mandris porta-brocas.
    - 4-4.34 Casquilhos e cones de redução.
    - 4-4.35 Eixos porta-fresas.
    - 4-4.36 Mandris fixo e descentrável.

4-4.4 Suporte de peças que giram.

4-4.41 Montagens entrepontas.

4-4.42 Placas universais.

4-4.43 Placas de castanhas independentes.

4-4.44 Placas lisas. As placas e alguns elementos auxiliares (Macacos, blocos prismáticos, cantoneiras).

4-4.45 Pinças e porta-pinças.

4-4.46 Mandris fixos e os expansíveis.

4-4.47 Lunetas.

4-4.5 Fixação de peças sobre mesas de máquinas.

4-4.51 Morsas de máquinas.

4-4.52 Chapas de fixação. Calços. Macacos.

4-4.53 Placas magnéticas.

4-5. Sistemas de lubrificação e refrigeração.

4-5.1 Rasgos e canais de distribuição nos órgãos das máquinas.

5- *Diversos*

5-1. Utensílios, acessórios e substâncias.

5-1.01 Tesouras de mão e de bancada.

5-1.02 Martelos e macetes.

5-1.03 Punção de bico.

5-1.04 Instrumentos básicos de traçar (Régua, esquadro e riscador).

5-1.05 Compasso de ponta e de centrar.

5-1.06 Graminho.

5-1.07 Prismas, paralelos, calços.

5-1.08 Chaves de aperto.

5-1.09 Chaves de fenda.

5-1.10 Acessórios para limpeza.

5-2. Acessórios para fixar peças e ferramentas.

5-2.1 Morsas e grampos.

5-2.11 Morsas de bancada de ajustagem.

5-2.12 Morsas de ferreiro.

5-2.13 Morsas de mão.

5-2.14 Alicates.

5-2.2 Elementos para montagem e ajustagem.

5-2.21 Cantoneiras e blocos prismáticos.

5-2.22 Mesas inclináveis.

5-2.23 Prensas (Acionamento manual).

5-2.24 Macacos.

5-2.3 Elementos de trabalho para tratamentos térmicos.

5-3. Substâncias diversas, lubrificantes e refrigerantes.

5-3.1 Substâncias para recobrir superfícies a traçar.

5-3.2 Fluidos de corte.

5-4. Elementos de segurança e proteção.

5-4.1 Equipamento de proteção pessoal.

5-4.2 Equipamento de segurança nas máquinas.



I OPERAÇÕES ordenadas por número de REFERÊNCIA. Ocupação: TRATADOR  
TÉRMICO

REFE- RÊNCIA	Nome da operação
01/TT	Operar forno elétrico de câmara
02/TT	Operar forno elétrico para banhos
03/TT	Operar forno de elétrodos para banhos
04/TT	Operar fornos de combustão
05/TT	Medir dureza
06/TT	Normalizar
07/TT	Recozer
08/TT	Temperar
09/TT	Revenir
10/TT	Temperar isotermicamente
11/TT	Temperar superficialmente
12/TT	Tratar termoquimicamente (Com substâncias sólidas)
13/TT	Tratar termoquimicamente (Com substâncias líquidas)
14/TT	Operar forno para tratar termoquimicamente com gás
15/TT	Tratar termoquimicamente (Com substâncias gasosas)



## II OPERAÇÕES por ordem ALFABÉTICA.

Ocupação: TRATADOR TÉRMICO

NOME DA OPERAÇÃO	Referência
Medir dureza	05/TT
Normalizar	06/TT
Operar fornos de combustão	04/TT
Operar forno de elétrodos para banhos	03/TT
Operar forno elétrico de câmara	01/TT
Operar forno elétrico para banhos	02/TT
Operar forno para tratar termoquimicamente com gás	14/TT
Recozer	07/TT
Revenir	09/TT
Temperar	08/TT
Temperar isotermicamente	10/TT
Temperar superficialmente	11/TT
Tratar termoquimicamente (Com substâncias gasosas)	15/TT
Tratar termoquimicamente (Com substâncias líquidas)	13/TT
Tratar termoquimicamente (Com substâncias sólidas)	12/TT





III ASSUNTOS TECNOLÓGICOS por número de REFERÊNCIA para TRATADOR TÉRMICO.  
(Incluindo código de assuntos)

Referência	Título do assunto tecnológico	Código de assuntos
002	Aço ao carbono (Noções preliminares)	1-2.2
012	Metais não ferrosos (Metais puros)	1-3.1
040	Ferro fundido (Tipos, usos e características)	1-2.1
045	Aços-liga	1-2.6
066	Metais não ferrosos (ligas)	1-3.2
173	Fornos para tratamentos térmicos (Generalidades)	1-4.3
174	Fornos elétricos (Tipos, características)	1-4.3
175	Pirômetros termoeletricos (Tipos, funcionamento e usos)	2-2.5
176	Ferramentas e utensílios (Para tratamentos térmicos)	5-2.3
177	Fornos especiais (De eletrodos para banho)	1-4.3
178	Pirômetros de irradiação (Tipos, características e usos)	2-2.5
179	Fornos de combustão (Tipos e características)	1-4.3
180	Ensaio de dureza (Máquina, tipos e características)	2-3.71
181	Ensaio de dureza Rockwell (Generalidades)	2-3.71
182	Ensaio de dureza Brinell (Generalidades)	2-3.71
183	Ensaio de dureza Vickers (Generalidades)	2-3.71
184	Tabelas de dureza (Brinell, Vickers e Rockwell)	2-3.71
185	Tratamento térmico (Generalidades)	1-4.1
186	Aços SAE (Classificação e composição)	1-2.3
187	Aços SAE (Tratamentos térmicos usuais)	1-4.1
188	Normalização	1-4.14
189	Recozimento	1-4.13

III ASSUNTOS TECNOLÓGICOS por número de REFERÊNCIA para TRATADOR TÉRMICO.  
(Incluindo código de assuntos) (Cont.)

Referência	Título do assunto tecnológico	Código de assuntos
190	Têmpera	1-4.11
191	Meios de esfriamento (Características e condições de uso)	1-4.1
192	Revenido	1-4.12
193	Fornos especiais (De circulação forçada)	1-4.1
194	Têmpera isotérmica	1-4.11
195	Têmpera superficial (Por chama)	1-4.11
196	Têmpera superficial (Por alta frequência)	1-4.11
197	Tratamentos termoquímicos (Generalidades)	1-4.2
198	Cementação (Com substâncias sólidas)	1-4.21
199	Cementação (Com substâncias líquidas)	1-4.21
200	Cianetação	1-4.22
201	Fornos especiais (Para tratar com gás)	1-4.2
202	Cementação (Com substâncias gasosas)	1-4.21
203	Nitretação	1-4.23
204	Carbonitretação	1-4.24
207	Equipamento de proteção (Vestimenta de couro)	5-4.1
214	Equipamento de proteção (Óculos de segurança)	5-4.1
229	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Generalidades)	3-6.21
232	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Bico e maçarico)	3-6.21
233	Chama oxiacetilênica	3-6.23
234	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Cilindros-Válvulas - Reguladores)	3-6.21
235	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Mangueira e economizador de gás)	3-6.21

IV Índice alfabético de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para TRATADOR TÉRMICO.  
(Incluindo referência e código)

TÍTULO DO ASSUNTO TECNOLÓGICO	Referência	Código de assuntos
Aço ao carbono (Noções preliminares)	002	1-2.2
Aços SAE (Classificação e composição)	186	1-2.3
Aços SAE (Tramentos térmicos usuais)	187	1-4.1
Aços-liga	045	1-2.6
Carbonitreção	204	1-4.24
Cementação (Com substâncias gasosas)	202	1-4.21
Cementação (Com substâncias líquidas)	199	1-4.21
Cementação (Com substâncias sólidas)	198	1-4.21
Cianetação	200	1-4.22
Ferramentas e utensílios (Para tratamentos térmicos)	176	5-2.3
Ensaio de dureza Brinell (Generalidades)	182	2-3.71
Ensaio de dureza (Máquina, tipos e características)	180	2-3.71
Ensaio de dureza Rockwell (Generalidades)	181	2-3.71
Ensaio de dureza Vickers (Generalidades)	183	2-3.71
Equipamento de proteção (Óculos de segurança)	214	5-4.1
Equipamento de proteção (Vestimenta de couro)	207	5-4.1
Equipamento para soldar a oxiacetileno (Bico e maçarico)	234	3-6.21
Equipamento para soldar com oxiacetileno (Cilindro, válvulas e reguladores)	234	3-6.21
Equipamento para soldar com oxiacetileno (Generalidades)	229	3-6.21
Equipamento para soldar com oxiacetileno (Mangueira, Economizador de gás)	235	3-6.21
Ferro fundido (Tipos, usos e características)	040	1-2.1

IV Índice alfabético de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para TRATADOR TÉRMICO.  
(Incluindo referência e código) (Cont.)

TÍTULO DO ASSUNTO TECNOLÓGICO	Referência	Código de assuntos
Fornos de combustão (Tipos e características)	179	1-4.3
Fornos elétricos (Tipos, características)	174	1-4.3
Fornos especiais (De circulação forçada)	193	1-4.1
Fornos especiais (De elétrodos para banhos)	177	1-4.3
Fornos especiais (Para tratar com gás)	201	1-4.2
Fornos para tratamentos térmicos (Generalidades)	173	1-4.3
Chama oxiacetilênica	233	3-6.23
Meios de esfriamento (Características e condições de uso)	191	1-4.1
Metais não ferrosos (Ligas)	066	1-3.2
Metais não ferrosos (Metais puros)	012	1-3.1
Nitretação	203	1-4.23
Normalização	188	1-4.14
Pirômetros de irradiação (Tipos, características e usos)	178	2-2.5
Pirômetros termoeletricos (Tipos, funcionamento e usos)	175	2-2.5
Recozimento	189	1-4.13
Revenido	192	1-4.12
Tabelas de dureza (Brinell, Vickers e Rockwell)	184	2-3.71
Têmpera	190	1-4.11
Têmpera isotérmica	194	1-4.11
Têmpera superficial (Por alta frequência)	196	1-4.11
Têmpera superficial (Por chama)	195	1-4.11
Tratamento térmico (Generalidades)	185	1-4.1
Tratamentos termoquímicos (Generalidades)	197	1-4.2

- V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
1-2.1	Ferro fundido (Tipos, usos e características)	040
1-2.2	Aço ao carbono (Noções preliminares)	002
1-2.3	Aço ao carbono (Classificações)	011
1-2.3	Aços SAE (Classificação e composição)	186
1-2.6	Aços-liga	045
1-3.1	Metais não ferrosos (Metais puros)	012
1-3.2	Metais não ferrosos (Ligas)	066
1-4.1	Tratamentos térmicos (Generalidades)	185
1-4.1	Aços SAE (Tratamentos térmicos usuais)	187
1-4.1	Meios de esfriamento (características e condições de uso)	191
1-4.1	Fornos especiais (De circulação forçada)	193
1-4.11	Têmpera	190
1-4.11	Têmpera isotérmica	194
1-4.11	Têmpera superficial (Por chama)	195
1-4.11	Têmpera superficial (por alta frequência)	196
1-4.12	Revenido	192
1-4.13	Recozimento	189
1-4.14	Normalização	188
1-4.2	Tratamentos termoquímicos (Generalidades)	197
1-4.2	Fornos	201
1-4.21	Cementação	198

- V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
1-4.21	Cementação (Com substâncias líquidas)	199
1-4.21	Cementação (Com substâncias gasosas)	202
1-4.22	Cianuretação	200
1-4.23	Nitretação	203
1-4.24	Carbonitretação	204
1-4.3	Fornos para tratamentos térmicos (Generalidades)	173
1-4.3	Fornos elétricos (Tipos e características)	174
1-4.3	Fornos especiais	177
1-4.3	Fornos de combustão (Tipos e características)	179

2-2.1	Régua graduada	007
2-2.21	Paquímetro (Leitura em frações de polegada)	037
2-2.21	Paquímetro (Apreciação em 0,05 mm e 0,02 mm)	049
2-2.21	Paquímetro (Apreciação)	050
2-2.22	Paquímetro (Nomenclatura e leitura em 0,1 mm)	019
2-2.22	Paquímetro (Tipos, características e usos)	024
2-2.31	Micrômetro (Funcionamento e leitura)	044
2-2.31	Micrômetro (Graduação em mm, com nônio)	051
2-2.31	Micrômetro (Graduação em polegadas, com nônio)	067
2-2.31	Micrômetro (Graduação em polegadas, com nônio)	071
2-2.32	Micrômetro (Nomenclatura, tipos e aplicações)	025
2-2.32	Micrômetro (Para medições internas)	073

V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO 9(Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
2-2.4	Goniômetro	027
2-2.4	Régua de senos	166
2-2.5	Pirômetros termoeletricos (Tipos, funcionamento e usos)	175
2-2.5	Pirômetros de radiação (Tipos, características e usos)	178
2-3.1	Régua de controle	004
2-3.1	Mesa de traçagem e controle	005
2-3.2	Esquadro de precisão	026
2-3.2	Verificadores de ângulos	031
2-3.2	Gabaritos	038
2-3.4	Instrumentos de controle (Calibradores e verificadores)	039
2-3.42	Cilindro e coluna para controlar perpendicularidade	156
2-3.43	Instrumentos de controle (Calibrador passa-não-passa)	072
2-3.43	Calibradores cônicos	170
2-3.44	Bloco-padrão	165
2-3.51	Relógio comparador	043
2-3.71	Ensaio de dureza (Máquina, tipos e características)	180
2-3.71	Ensaio de dureza Rockwell (Generalidades)	181
2-3.71	Ensaio de dureza Brinell (Generalidades)	182
2-3.71	Ensaio de dureza Vickers (Generalidades)	183
2-3.71	Tabelas de dureza (Brinell, Vickers e Rockwell)	184
2-5.3	Medição com auxílio de cilindros (Cálculos)	130

- V Índice Geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
2-6.2	Tolerâncias (Sistema ISO)	074
2-7.2	Medição de dentes de engrenagens	135
3-3.32	Parafusos, porcas, arruelas	059
3-4.1	Avanço de corte nas máquinas ferramentas (Tornos, plaina, furadeira)	046
3-4.1	Velocidade de corte (Conceito, unidades e aplicações)	047
3-4.11	Ferramentas de corte (Tipos, noções de corte e cunha)	042
3-4.11	Ferramentas de corte (Ângulos e tabelas)	048
3-4.12	Furadeiras (Tipos, características e acessórios)	016
3-4.12	Brocas (Nomenclatura, características e tipos)	018
3-4.12	Velocidade de corte na furadeira (Tabelas)	020
3-4.12	Broca helicoidal (Ângulos)	054
3-4.12	Furadeiras (Portátil e de coluna)	062
3-4.12	Broca de centrar	086
3-4.13	Torno mec. horizontal (Nomenclatura, características e acessórios)	081
3-4.13	Ferramentas de corte (Noções gerais de fixação no torno)	083
3-4.13	Ferramentas de corte para torno (Perfis e aplicações)	084
3-4.13	Velocidade de corte no torno (Tabelas)	085
3-4.13	Torno mecânico horizontal (Cabeçote móvel)	087
3-4.13	Torno mec. horizontal (Funcionamento, materiais, condições de uso)	088



V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO: (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
3-4.13	Torno mecânico horizontal (Carro principal)	089
3-4.13	Torno mecânico horizontal (Cabeçote fixo)	090
3-4.13	Torno mecânico horizontal (Ponta e contraponta)	092
3-4.13	Recartilha	093
3-4.13	Engrenagens de grade para roscar no torno (Cálculo)	095
3-4.13	Torno mec.horiz. (Mec. de invers. do fuso e da grade)	096
3-4.13	Torno mecânico horizontal (Caixa de avanços)	097
3-4.13	Desalinhamento da contraponta para torneiar sup.cônica (Cálculo)	098
3-4.13	Torno mecânico horiz. (Mecanismo de redução do eixo principal)	100
3-4.13	Inclinação da Régua-guia do aparelho conificador para torneiar cônico (Cálculo)	104
3-4.13	Inclinação do carro superior para torneiar cônico (Cálculo)	103
3-4.14	Plaina limadora (Nomenclatura e características)	041
3-4.14	Plaina limadora (Cabeçote e avanços)	070
3-4.14	Velocidade de corte na plaina limadora (Tabelas)	068
3-4.15	Fresas de escariar e rebaixar	022
3-4.15	Fresadora	111
3-4.15	Fresadora universal	112
3-4.15	Fresas (Tipos e características)	116
3-4.15	Velocidade de corte na fresadora	117
3-4.15	Avanços, profundidade de corte e formas de trabalho das fresas	118
3-4.15	Cabeçote universal e cabeçote vertical	119
3-4.15	Conjunto divisor (Generalidades)	120
3-4.15	Cabeçote divisor simples (Divisão direta)	123

V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
3-4.15	Conjunto divisor (Divisor universal)	124
3-4.15	Conjunto divisor (Tipos de montagens de peças)	125
3-4.15	Conjunto divisor (Divisão indireta e divisão angular)	126
3-4.15	Mesa circular	127
3-4.15	Fresagem em oposição e fresagem em concordância	129
3-4.15	Aparelho contornador - Suas ferramentas e porta-ferramentas	132
3-4.15	Divisor linear	138
3-4.15	Cabeçote para fresar cremalheira	139
3-4.15	Conjunto divisor (Divisão diferencial)	140
3-4.16	Serras de fita para metais	055
3-4.16	Serras alternativas	056
3-4.16	Lâminas de serra para máquinas	057
3-4.21	Esmerilhadoras	030
3-4.23	Retificadora portátil	102
3-4.23	Retificadora (Generalidades)	146
3-4.23	Retificadora plana	147
3-4.23	Molas (Generalidades)	148
3-4.23	Diamante para retificar molas	150
3-4.23	Rebolos (Elementos componentes)	152
3-4.23	Avanço de corte na retificadora plana	153
3-4.23	Rebolos (Características)	154
3-4.23	Suporte para balancear molas	157
3-4.23	Rebolos (Tipos)	159

V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
3-4.23	Dispositivo para retificar rebolos em ângulo	160
3-4.23	Rebolo (Especificações para sua escolha)	161
3-4.23	Velocidade de corte das molas (Cálculo e tabelas)	162
3-4.23	Retificadora cilíndrica universal	167
3-4.23	Velocidade de corte da peça na retificação cilíndrica	168
3-4.23	Avanço do corte na retificadora cilíndrica	169
3-4.23	Retificação (Defeitos e causas)	171
3-4.31	Limas	001
3-4.32	Raspadores (Tipos e características)	075
3-4.33	Alargadores (Tipos e usos)	065
3-4.34	Talhadeira e bedame	029
3-4.35	Machos de roscar	032
3-4.35	Desandadores	034
3-4.35	Brocas para machos (Tabelas)	035
3-4.36	Desandadores	034
3-4.36	Cossinetes	061
3-4.37	Serra manual	028
3-5.1	Pastilhas de carboneto metálicas	109
3-6.11	Máquina de soldar (Transformador)	208
3-6.11	Porta-elétrodo e conexão à massa	211
3-6.11	Máquina de soldar (Gerador)	217
3-6.11	Máquina de soldar (Retificador)	222

- V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
 Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
3-6.11	Equipamento para soldar sob atmosfera de bióxido de carbono	226
3-6.11	Equipamento para soldar sob atmosfera de gás inerte	228
3-6.12	Elétrodo (Generalidades)	209
3-6.12	Elétrodo (Movimentos)	213
3-6.12	Elétrodo revestido (Tipos e aplicações)	215
3-6.12	Elétrodo revestido (Especificações)	216
3-6.12	Gases utilizados em soldagens (Argônio-Bióxido de carbono)	227
3-6.13	Arco elétrico	205
3-6.13	Posição de soldar	212
3-6.13	Soldagem (Intensidade e tensão)	218
3-6.13	Processos de soldagem (Soldagem manual com arco voltaico)	219
3-6.13	Juntas (Tipos)	220
3-6.13	Soldagem (Qualidades, características e recomendações)	221
3-6.13	Soldagem (Construções e dilatações)	223
3-6.13	Soldagem (Sopro magnético)	224
3-6.13	Processos de soldagem (Soldagem sob atmosfera de gás)	225
3-6.21	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Generalidades)	229
3-6.21	Equipamento para soldar a oxiacetileno (Bico e maçarico)	232
3-6.21	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Cilindro, Válvula e Reguladores)	234
3-6.21	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Mangueira e Economizador de gás)	235
3-6.22	Gases utilizados em soldagem (Oxigênio-Acetileno-Propano)	231
3-6.23	Processos de soldagem (Soldagem à oxigás)	230
3-6.23	Chama oxiacetilênica	233
3-6.23	Oxicorte manual	236

V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
4-2.11	Ranhuras normalizadas (Rasgos de chaveta e ranhuras em T)	122
4-2.25	Buchas de fricção e mancais	078
4-2.26	Rolamentos	077
4-2.28	Chavetas	121
4-3.11	Polias e correias	079
4-3.13	Polias e correias	079
4-3.2	Rodas de corrente	136
4-3.41	Engrenagens (Generalidades)	133
4-3.42	Trem de engrenagens para roscar no torno (Cálculo)	095
4-3.42	Trem de engrenagens (Generalidades)	137
4-3.43	Engrenagem cilíndrica reta	134
4-3.44	Engrenagem cilíndrica helicoidal	142
4-3.45	Engrenagens cônicas	143
4-3.47	Rosca sem-fim (Sistema módulo)	108
4-3.47	Coroa para parafuso sem-fim	144
4-3.51	Roscas (Noções, tipos e nomenclatura)	033
4-3.51	Roscas múltiplas	107
4-3.51	Hélices	141
4-3.53	Anéis graduados nas máquinas ferramentas	069
4-3.54	Roscas triangulares (Características e tabelas)	036
4-3.54	Roscas de tubos, quadradas e redondas	099
4-3.54	Roscas trapezoidais normalizadas (Métrica, Acme, Dente de Serra)	106
4-3.7	Espiral de Arquimedes (Suas aplicações em excêntricos e rosca frontal)	145
4-3.9	Molas helicoidais	052

- V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
4-4.2	Ferramentas de corte (Noções gerais de fixação no torno)	083
4-4.31	Cones normalizados, Morsa e Americano (Tabelas)	105
4-4.33	Mandris e Buchas cônicas	017
4-4.34	Mandris e Buchas cônicas	017
4-4.35	Eixos porta-fresas	114
4-4.36	Mandril descentrável e mandril fixo	131
4-4.41	Placa arrastadora e arrastador	091
4-4.42	Placa universal de três castanhas	082
4-4.43	Placa de castanhas independentes	094
4-4.44	Torno mecânico horizontal (Placa lisa e acessórios)	110
4-4.45	Pinças e porta-pinças	115
4-4.46	Cubo flange e mandril porta-rebolo	158
4-4.47	Lunetas	101
4-4.47	Lunetas de apoio com molas	172
4-4.51	Elementos de fixação (Morsas de máquinas)	064
4-4.52	Elementos de fixação	113
4-4.53	Placas magnéticas	149
4-4.54	Tipos de montagens de peças sobre a mesa	128
4-5.1	Lubrificação (Sistemas e canais)	080
5-1.01	Tesoura de mão e de bancada	014
5-1.02	Martelo e macete	013

V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
5-1.03	Punção de bico	009
5-1.04	Instrumentos de traçar (Régua-Riscador-Esquadro)	008
5-1.05	Compasso de ponta e de traçar	010
5-1.06	Instrum.de traçar (Graminho-Bloco prismático-Macacos - Cantoneira)	023
5-1.07	Instrumentos de traçar	023
5-1.08	Chaves de aperto	058
5-1.09	Chave de fenda	060
5-1.10	Acessórios para limpeza, escova de aço e picadeira	210
5-2.11	Morsa de bancada	003
5-2.13	Acessórios para fixar peças (Chapas e Grampos)	015
5-2.13	Elementos de fixação (Morsa de mão e alicate de pressão)	063
5-2.14	Alicates	053
5-2.14	Elementos de fixação (Morsa de mão e Alicate de pressão)	063
5-2.21	Instrum.de traçar (Graminho-Bloco prismático - Macacos - Cantoneira)	023
5-2.21	Blocos magnéticos	155
5-2.22	Mesa inclinável (Basculante)	163
5-2.22	Mesa de senos	164
5-2.23	Prensas manuais (De coluna)	076
5-2.24	Instrum.de traçar (Graminho - Bloco prismático - Macacos- Cantoneira)	023
5-2.3	Ferramentas e utensílios (Para tratamentos térmicos)	176
5-3.1	Substâncias para cobrir superfícies a traçar	006
5-3.2	Fluidos de corte	021

- V Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
CÓDIGO (Incluindo-se referência)  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

CÓDIGO DE ASSUNTOS	Título do assunto tecnológico	Referência
5-4.1	Equipamento de proteção (Máscaras - Aspiradores de pó)	151
5-4.1	Equipamento de proteção (Máscara)	206
5-4.1	Equipamento de proteção (Vestimenta de couro)	207
5-4.1	Equipamento de proteção (Óculos de segurança)	214



VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por  
REFERÊNCIA  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236)

REFE- RÊNCIA	Título do assunto tecnológico	Código de assuntos
001	Limas	3-4.31
002	Aço ao carbono (Noções preliminares)	1-2.2
003	Morsa de bancada	5-2.11
004	Régua de controle	2-3.1
005	Mesa de traçagem e controle	2-3.1
006	Substâncias para recobrir superfícies a traçar	5-3.1
007	Régua graduada	2-2.1
008	Instrumentos de traçar (Régua - Riscador - Esquadro)	5-1.04
009	Punção de bico	5-1.03
010	Compasso de ponta de traçar	5-1.05
011	Aço ao carbono (Classificações)	1-2.3
012	Metais não ferrosos (Metais puros)	1-3.1
013	Martelo e macete	5-1.02
014	Tesoura de mão e de bancada	5-1.01
015	Acessórios para fixar peças (Chapas e grampos)	5-2.13
016	Furadeiras (Tipos, características e acessórios)	3-4.12
017	Mandris e buchas cônicas	4-4.33(34)
018	Brocas (Nomenclatura, características e tipos)	3-4.12
019	Paquímetro (Nomenclatura) e leitura 0,01 mm)	2-2.22
020	Velocidade de corte na furadeira (Tabela)	3-4.12
021	Fluidos de corte	5-3.2
022	Fresas de escarear e rebaixar	3-4.15

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por REFERÊNCIA

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

REFE- RÊNCIA	Título de assunto tecnológico	CÓDIGO DE ASSUNTOS
023	Instrumentos de traçar (Graminho-Bloco prismático - Macacos - Cantoneiras)	5-1.06(07) 5-2.21(24)
024	Paquímetro (Tipos, características e usos)	2-2.22
025	Micrômetro (Nomenclatura, tipos e aplicações)	2-2.32
026	Esquadro de precisão	2-3.2
027	Goniômetro	2-2.4
028	Serra manual	3-4.37
029	Talhadeira e bedame	3-4.34
030	Esmerilhadoras	3-4.21
031	Verificadores de ângulos	2-3.2
032	Machos de roscar	3-4.35
033	Roscas (Noções, tipos, nomenclatura)	4-3.51
034	Desandadores	3-4.35(36)
035	Brocas para machos (Tabelas)	3-4.35
036	Roscas triangulares (Características e tabelas)	4-3.54
037	Paquímetro (Leitura em frações de polegada)	2-2.21
038	Gabaritos	2-3.2
039	Instrumentos de controle (Calibradores e verificadores)	2-3.4
040	Ferro fundido (Tipos, usos e características)	1-2.1
041	Plaina limadora (Nomenclatura e características)	3-4.14
042	Ferramentas de corte (Tipos, noções de corte e cunha)	3-4.11
043	Relógio comparador	2-3.51
044	Micrômetro (Funcionamento e leitura)	2-2.31
045	Aços-liga	1-2.6

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por REFERÊNCIA

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

REFE- RÊNCIA	Título do assunto tecnológico	CÓDIGO DE ASSUNTOS
046	Avanço de corte nas máquinas ferramentas	3-4.1
047	Velocidade de corte (Conceito, unidades, aplicações)	3-4.1
048	Ferramentas de corte (Ângulos e tabelas)	3-4.11
049	Paquímetro (Apreciação 0,05 mm e 0,02 mm)	2-2.21
050	Paquímetro (Apreciação)	2-2.21
051	Micrômetro (Graduação em mm, com nônio)	2-2.31
052	Molas helicoidais	4-3.9
053	Alicates	5-2.14
054	Broca helicoidal (Ângulos)	3-4.12
055	Serras de fita para metais	3-4.16
056	Serras alternativas	3-4.16
057	Lâminas de serra para máquinas	3-4.16
058	Chaves de aperto	5-1.08
059	Parafusos, porcas e arruelas	3-3.32
060	Chave de fenda	5-1.09
061	Cossinetes	3-4.36
062	Furadeiras (Portátil e de coluna)	3-4.12
063q	Elementos de fixação (Morsa de mão e Alicate de pressão)	5-2.13(14)
064	Elementos de fixação (Morsa de máquina)	4-4.51
065	Alargadores (Tipos e usos)	3-4.33
066	Metais não ferrosos (Ligas)	1-3.2
067	Micrômetro (Graduação em polegadas)	2-2.31
068	Velocidade de corte na plaina limadora (Tabelas)	3-4.14

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por REFERÊNCIA

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

REFE- RÊNCIA	Título do assunto tecnológico	CÓDIGO DE ASSUNTOS
069	Anéis graduados nas máquinas ferramentas (Cálculos)	4-3.53
070	Plaina limadora (Cabeçote e avanços automáticos)	3-4.14
071	Micrômetro (Graduação em polegadas com nônio)	2-2.31
072	Instrumentos de controle (Calibrador passa-não-passa)	2-3.43
073	Micrômetro (Para medições internas)	2-2.32
074	Tolerâncias (Sistema ISO)	2-6.2
075	Raspadores (Tipos e características)	3-4.32
076	Prensas manuais (De coluna)	5-2.23
077	Rolamentos	4-2.26
078	Buchas de fricção e mancais	4-2.25
079	Polias e correias	4-3.11(13)
080	Lubrificação (Sistemas e canais)	4-5.1
081	Torno mecânico horizontal (Nomenclatura, características e acessórios)	3-4.13
082	Placa universal de três castanhas	4-4.42
083	Ferramentas de corte (Noções gerais de fixação no torno)	3-4.13 4-4.2
084	Ferramentas de corte para o torno (Perfis e aplicações)	3-4.13
085	Velocidade de corte no torno (Tabelas)	3-4.13
086	Broca de centrar	3-4.12
087	Torno mecânico horizontal (Cabeçote móvel)	3-4.13
088	Torno mec.horiz. (Funcionamento, materiais, condições de uso)	3-4.13
089	Torno mecânico horizontal (Carro principal)	3-4.13
090	Torno mecânico horizontal (Cabeçote fixo)	3-4.13
091	Placa arrastadora e arrastador	4-4.41

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por REFERÊNCIA

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

REFE- RÊNCIA	Título do assunto tecnológico	CÓDIGO DE ASSUNTOS
092	Torno mecânico horizontal (Ponta e contraponta)	3-4.12
093	Recartilha	3-4.13
094	Placa de castanhas independentes	4-4.43
095	Engrenagens da grade para roscar no torno (Cálculo)	3-4.13 4-3.42
096	Torno mec.horiz.(Mecanismo de inversão do fuso e da grade)	3-4.13
097	Torno mecânico horizontal (Caixa de avanços)	3-4.13
098	Desalinhamento da contraponta para torneiar sup.cônica (Cálculo)	3-4.13
099	Roscas de tubos quadradas e redondas	4-3.54
100	Torno mecânico horizontal (Mecanismo de redução do eixo principal)	3-4.13
101	Lunetas	4-4.47
102	Retificadora portátil	3-4.23
103	Inclinação do carro superior para torneiar cônico (Cálculo)	3-4.13
104	Inclinação da régua do aparelho conificador para torneiar cônico (Cálculo)	3-4.13
105	Cones normalizados, Morse e Americano (Tabelas)	4-4.31
106	Roscas trapezoidais normalizadas (Métrica, Acme, Dente de Serra)	4-3.54
107	Roscas múltiplas	4-3.51
108	Rosca sem-fim (Sistema módulo)	4-3.47
109	Pastilhas de carboneto metálicas	3-5.1
110	Torno mecânico horizontal (Placa lisa e acessórios)	4-4.44
111	A Fresadora (Generalidades)	3-4.15
112	A fresadora universal	3-4.15
113	Elementos de fixação (Calços-Chapas-Macacos)	4-4.52
114	Eixos porta-fresas	4-4.35

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por REFERÊNCIA  
 Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO (FIT 001 a 236) (Cont.)

REFE- RÊNCIA	Título do assunto tecnológico	CÓDIGO DE ASSUNTOS
115	Pinças e portapinças	4-4.45
116	Fresas (Tipos e características)	3-4.15
117	Velocidade de corte na fresadora	3-4.15
118	Avanços, profundidade de corte e formas de trabalhar nas fresas	3-4.15
119	Cabeçote universal e cabeçote vertical	3-4.15
120	Conjunto divisor (Generalidades)	3-4.15
121	Chavetas	4-2.28
122	Ranhuras normalizadas (Rasgos de chavetas e rasgos em "T")	4-2.11
123	Cabeçote divisor simples (Divisão direta)	3-4.15
124	Conjunto divisor (Divisor universal)	3-4.15
125	Conjunto divisor (Tipos de montagens de peças)	3-4.15
126	Conjunto divisor (Divisão indireta e divisão angular)	3-4.15
127	Mesa circular	3-4.15
128	Tipos de montagens de peças sobre a mesa	4-4.54
129	Fresagem em oposição e fresagem em concordância	3-4.15
130	Medição com auxílio de cilindros (Cálculos)	2-5.3
131	Mandril descentrável e mandril fixo	4-4.36
132	Aparelho contornador - Suas ferramentas e porta-ferramentas	3-4.15
133	Engrenagens (Generalidades)	4-3.41
134	Engrenagem cilíndrica reta	4-3.43
135	Medição de dentes de engrenagens	2-7.2
136	Rodas para corrente	4-3.2
137	Trem de engrenagens (Generalidades)	4-3.42

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL"  
por REFERÊNCIA.

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236) (cont.)

REFE- RÊNCIA	Título do assunto tecnológico	Código de assuntos
138	Divisor linear	3-4.15
139	Cabeçote para fresar cremalheira	3-4.15
140	Conjunto divisor (Divisão diferencial)	3-4.15
141	Hélices	4-3.51
142	Engrenagem cilíndrica helicoidal	4-3.44
143	Engrenagens cônicas	4-3.45
144	Coroa para parafuso sem-fim	4-3.47
145	Espiral de Arquimedes (Suas aplicações em excêntricos e rosca frontal)	4-3.7
146	Retificadora (Generalidades)	3-4.23
147	Retificadora plana	3-4.23
148	Rebolos (Generalidades)	3-4.23
149	Placas magnéticas	4-4.53
150	Diamante para retificar rebolos	3-4.23
151	Equipamento de proteção (Máscaras e Aspiradores de pó)	5-4.1
152	Rebolos (Elementos componentes)	3-4.23
153	Avanço de corte na retificadora plana	3-4.23
154	Rebolos (Características)	3-4.23
155	Blocos magnéticos	5-2.21
156	Cilindro e coluna para controlar perpendicularidade	2-3.42
157	Suporte para balancear rebolos	3-4.23
158	Cubo flange e mandril porta-rebolo	4-4.46
159	Rebolos (Tipos)	3-4.23
160	Dispositivo para retificar rebolos em ângulo	3-4.23

## VI

Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL"  
por REFERÊNCIA.

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236) (cont.)

REFE- RÊNCIA	Título de assunto tecnológico	Código de assuntos
161	Rebolos (Especificações para sua escolha)	3-4.23
162	Velocidade de corte dos rebolos (Cálculo e tabelas)	3-4.23
163	Mesa inclinável (basculante)	5-2.22
164	Mesa de senos	5-2.22
165	Bloco-padrão	2-3.44
166	Régua de senos	2-2.4
167	Retificadora cilíndrica universal	3-4.23
168	Velocidade de corte da peça na retificadora cilíndrica	3-4.23
169	Avanço de corte na retificadora cilíndrica universal	3-4.23
170	Calibradores cônicos	2-3.43
171	Retificação (Defeitos e causas)	3-4.23
172	Lunetas de apoio com molas	4-4.47
173	Fornos para tratamentos térmicos (Generalidades)	1-4.3
174	Fornos elétricos (Tipos, características)	1-4.3
175	Pirômetros termoeletrônicos (Tipos, funcionamento e usos)	2-2.5
176	Ferramentas e utensílios (Para tratamentos térmicos)	5-2.3
177	Fornos especiais (De eletrodos para banhos)	1-4.3
178	Pirômetros de irradiação (Tipos, características e usos)	2-2.5
179	Fornos de combustão (Tipos e características)	1-4.3
180	Ensaio de dureza (Máquina, tipos e características)	2-3.71
181	Ensaio de dureza Rockwell (Generalidades)	2-3.71
182	Ensaio de dureza Brinell (Generalidades)	2-3.71
183	Ensaio de dureza Vickers (Generalidades)	2-3.71



VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL"  
por REFERÊNCIA.

Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236) (cont.)

REFE- RÊNCIA	Título de assunto tecnológico	Código de assuntos
184	Tabelas de dureza (Brinell, Vickers e Rockwell)	2-3.71
185	Tratamento térmico (Generalidades)	1-4.1
186	Aços SAE (Classificação e composição)	1-2.3
187	Aços SAE (Tratamentos térmicos usuais)	1-4.1
188	Normalização	1-4.14
189	Recozimento	1-4.13
190	Têmpera	1-4.11
191	Meios de enfriamento (Características e condições de uso)	1-4.1
192	Revenido	1-4.12
193	Fornos especiais (De circulação forçada)	1-4.1
194	Têmpera isotérmica	1-4.11
195	Têmpera superficial (Por chama)	1-4.11
196	Têmpera superficial (Por alta frequência)	1-4.11
197	Tratamentos termoquímicos (Generalidades)	1-4.2
198	Cementação (Com substâncias sólidas)	1-4.21
199	Cementação (Com substâncias líquidas)	1-4.21
200	Cianetação	1-4.22
201	Fornos especiais (Para tratar com gás)	1-4.2
202	Cementação (Com substâncias gasosas)	1-4.21
203	Nitretação	1-4.23
204	Carbonitretação	1-4.24
205	Arco elétrico	3-6.13
206	Equipamento de proteção (Máscara)	5-4.1

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL"  
por REFERÊNCIA.  
Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR,  
RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR  
OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236) (cont.)

REFE- RÊNCIA	Título de assunto tecnológico	Código de assuntos
207	Equipamento de proteção (Vestimenta de couro)	5-4.1
208	Máquina de soldar (Transformador)	3-6.11
209	Eléttrodo (Generalidades)	3-6.12
210	Acessórios para limpeza, escova de aço e picadeira	5-1.10
211	Porta-eléttrodo e conexão à massa	3-6.11
212	Posição de soldar	3-6.13
213	Eléttrodo (Movimentos)	3-6.12
214	Equipamento de proteção (Óculos de segurança)	5-4.1
215	Eléttrodo revestido (Tipos e aplicações)	3-6.12
216	Eléttrodo revestido (Especificações)	3-6.12
217	Máquina de soldar (Gerador)	3-6.11
218	Soldagem (Intensidade e Tensão)	3-6.13
219	Processos de soldagem (Soldagem manual com arco voltaico)	3-6.13
220	Juntas (Tipos)	3-6.13
221	Soldagem (Qualidade, características e recomendações)	3-6.13
222	Máquina de soldar (Retificador)	3-6.11
223	Soldagem (Contrações e dilatações)	3-6.13
224	Soldagem (Sopro magnético)	3-6.13
225	Processos de soldagens (Soldagens sob atmosfera de gás)	3-6.13
226	Equipamento para soldar sob atmosfera de bióxido de carbono	3-6.11
227	Gases utilizados em soldagens (Argônio-Bióxido de carbono)	3-6.12
228	Equipamento para soldar sob atmosfera de gás inerte	3-6.11
229	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Generalidades)	3-6.21

VI Índice geral de ASSUNTOS TECNOLÓGICOS para "MECÂNICA GERAL" por REFERÊNCIA.  
 Coleções consideradas: MECÂNICO AJUSTADOR, TORNEIRO, FRESADOR, RETIFICADOR, TRATADOR TÉRMICO, SOLDADOR A ARCO E SOLDADOR OXIACETILÊNICO. (FIT 001 a 236) (cont.)

REFE- RÊNCIA	Título de assunto tecnológico	Código de assuntos
230	Processos de soldagem (Soldagem a oxigás)	3-6.23
231	Gases utilizados em soldagem (Oxigênio, Acetileno e Propano)	3-6.22
232	Equipamento para soldar a oxiacetileno (Bico e maçarico)	3-6.21
233	Chama oxiacetilênica	3-6.23
234	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Cilindro, Válvulas e Reguladores)	3-6.21
235	Equipamento para soldar com oxiacetileno (Mangueira, Econo- mizador de gás)	3-6.21
236	Oxicorte manual	3-6.23



#### ADVERTÊNCIAS

- 1) As folhas incluídas a seguir servirão de padrão para imprimir matrizes ou stenceis para máquinas offset de oficina, mimeógrafos ou outros tipos de duplicadores.  
Devem ser tratadas com cuidado a fim de não danificar o papel, nem manchar sua superfície.
- 2) É conveniente que as folhas sejam verificadas antes de realizar a impressão das matrizes, podendo retocar-se com lápis comum ou tintas de desenho os traços demasiadamente frcos, assim como cobrir as manchas e imperfeições com "guate" (branco).
- 3) Os anexos que devam fazer-se nas folhas, por exemplo código local, podem escrever-se em papel branco e colar-se no lugar correspondente. O mesmo vale para corrigir erros e outras falhas.





É a operação que consiste em preparar a fonte de calor, alimentando-a com energia elétrica, com a qual se consegue a temperatura necessária para efetuar tratamentos térmicos, tais como: têmpera, revenido, recozimento, normalização e cementação.

Desta operação depende, em grande parte, o êxito dos tratamentos térmicos que se realizam, utilizando este tipo de forno.

#### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Limpe a câmara* usando uma escova.

2º passo - *Feche a tampa* do forno.

3º passo - *Ligue o forno* acionando o interruptor.

#### OBSERVAÇÃO

Controle o funcionamento do forno, observando que se acenda a lâmpada piloto.

4º passo - *Regule o limitador de temperatura* acionando o botão até o valor adequado ao tratamento térmico a realizar (fig. 1).

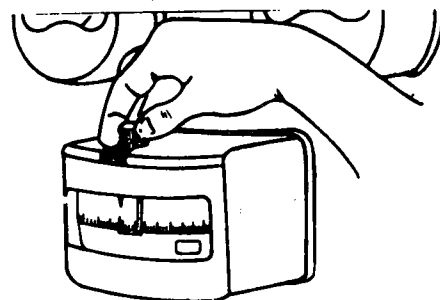


Fig. 1

#### OBSERVAÇÕES

1) Deve-se observar o deslocamento do ponteiro do pirômetro para controlar a temperatura selecionada.

2) Deve-se manter o forno ligado o tempo necessário para o tratamento térmico.

5º passo - *Desligue o forno* acionando o interruptor.









## OPERAÇÃO:

OPERAR FORNO ELÉTRICO PARA BANHOS

REF.: F0.02/TT

1/2

**S E N A I**

Este tipo de forno se opera quando se vai realizar tratamentos térmicos que requerem: grande qualidade, uniformidade de aquecimento ou esfriamento, limpeza e rapidez. Se utiliza ainda, para efetuar certas operações difíceis de realizar em outra classe de fornos.

A operação consiste em manejar os comandos da energia elétrica (a qual se converte em calor por meio de resistência) e, em preparar e controlar os sais usados nos banhos.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - Coloque o cadinho no forno, deixando apoiado e centralizado no mesmo (fig

2º passo - Coloque a quantidade inicial de sais

### OBSERVAÇÃO

Os tipos e quantidades de sais, se selecionam mediante tabelas de acordo ao tratamento a realizar.

### PRECAUÇÃO

USE LUVAS PARA MANIPULAR OS SAIS,  
POIS ESTES SÃO TÓXICOS.

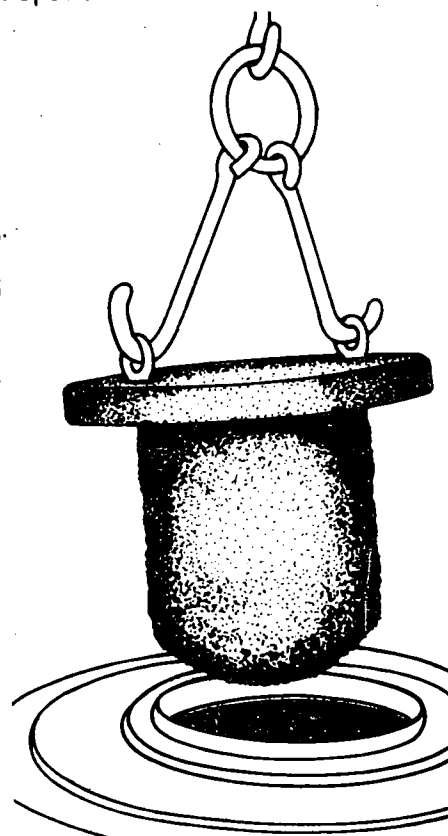


Fig. 1

3º passo - Ponha em funcionamento o extrator de gases.

4º passo - Ligue o forno acionando o interruptor.

5º passo - Coloque o termoelemento do pirômetro no suporte (fig. 2).

### PRECAUÇÃO

COLOQUE O TERMoeLEMENTO  
PRÉ-AQUECIDO PARA EVI-  
TAR SALPICOS DOS SAIS  
DEVIDO À UMIDADE.

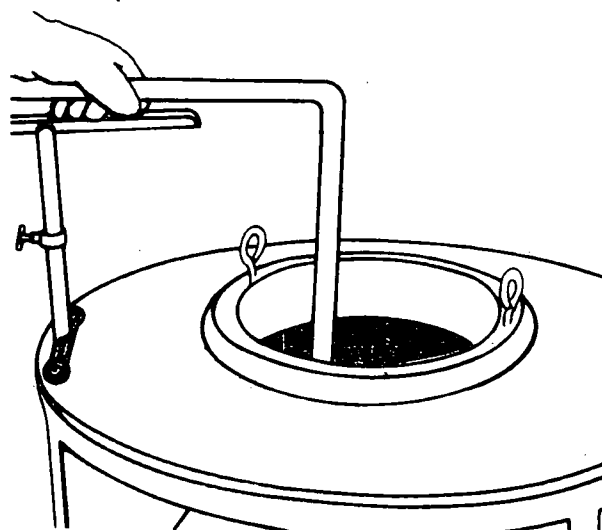


Fig. 2

6º passo - *Regule a temperatura ao valor desejado, acionando o controlador do pirômetro.*

7º passo - *Complete a quantidade de sais até 3/4 do nível do cadinho.*

### PRECAUÇÕES

1) *PRÉ-AQUEÇA OS SAIS E A COLHER ANTES DE INTRODUIZÍ-LAS NO CADINHO PARA EVITAR EXPLOSÕES.*

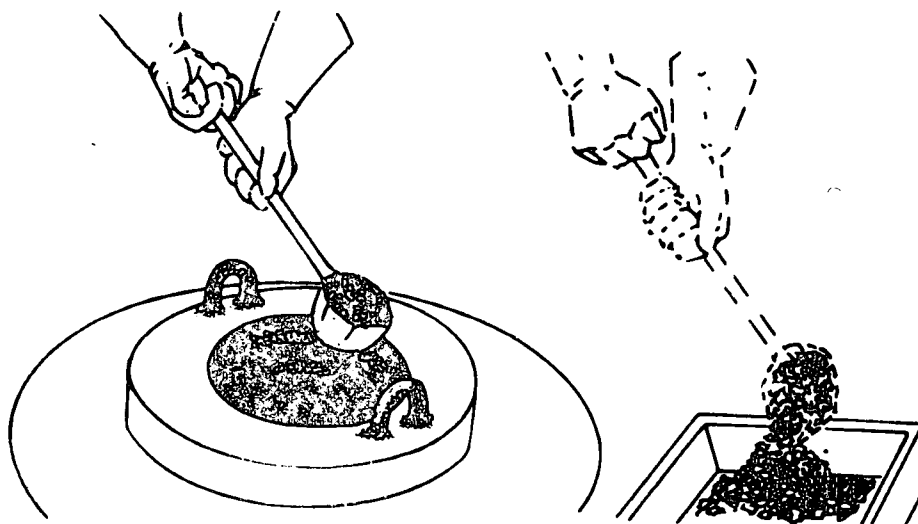
2) *USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.*

8º passo - *Desligue o forno acionando o interruptor.*

9º passo - *Limpe o cadinho.*

a *Retire o termoelemento.*

b *Retire a escória com uma colher perfurada (fig. 3).*



**Fig. 3**

c *Tire o sal com a colher e coloque-o em uma bandeja pré-aquecida.*

### PRECAUÇÃO

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E PRÉ-AQUEÇA A COLHER ANTES DE INTRODUIZÍ-LA NO CADINHO.*



## OPERAÇÃO:

OPERAR FORNO DE ELÉTRODOS PARA BANHOS

REF.: F0.03/TT

1/3

**S E N A I**

Em alguns tratamentos térmicos, é indispensável dispor de temperaturas elevadas e condições especiais de trabalho, para o qual se devem operar fornos elétricos deste tipo.

A qualidade dos aços que se tratam e as propriedades físicoquímicas que se podem obter com esta operação a fazem importante nos tratamentos térmicos. Esta consiste em manejar os controles e comandos de energia elétrica, a qual se converte em energia calorífica mediante elétrodo submergidos em um banho de sais.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Fixe os elétrodo de iniciação no suporte (fig. 1).*

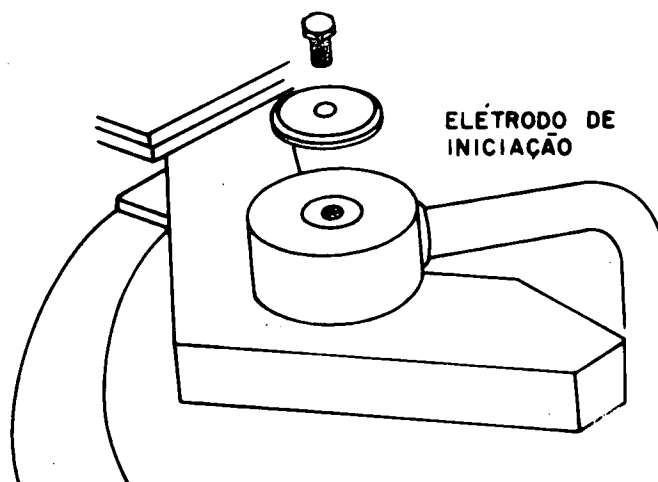
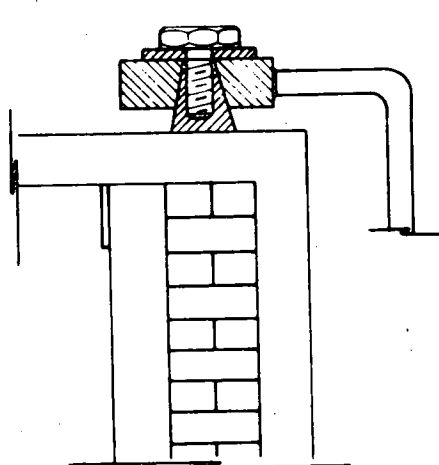


Fig. 1

### OBSERVAÇÃO

Os elétrodo de iniciação devem estar separados a uma distância aproximada de 25 a 30 mm (fig. 2).

2º passo - *Coloque a quantidade inicial de sais até o nível superior do cadinho.*

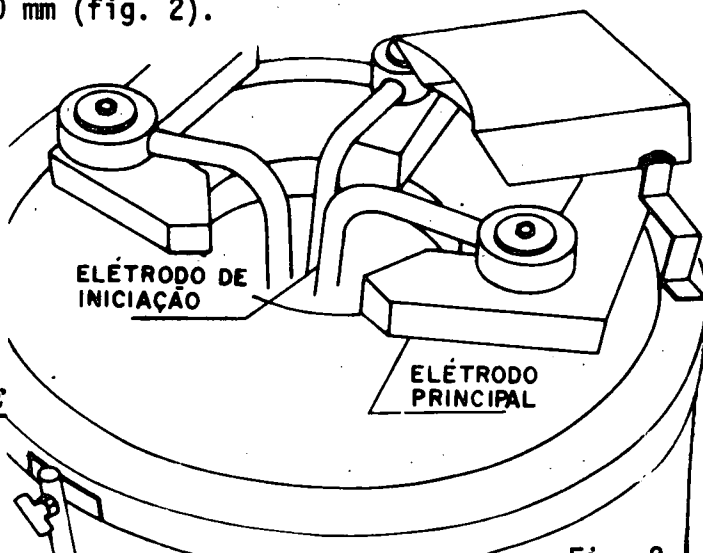


Fig. 2

### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.

3º passo - *Inicie a fusão dos sais utilizando a chama regulada de um maçarico oxiacetilênico.*

**OBSERVAÇÃO**

Usando maçarico procure fundir os sais situados entre os elétrodos (fig. 3). Estes sais são socados previamente entre os elétrodos.

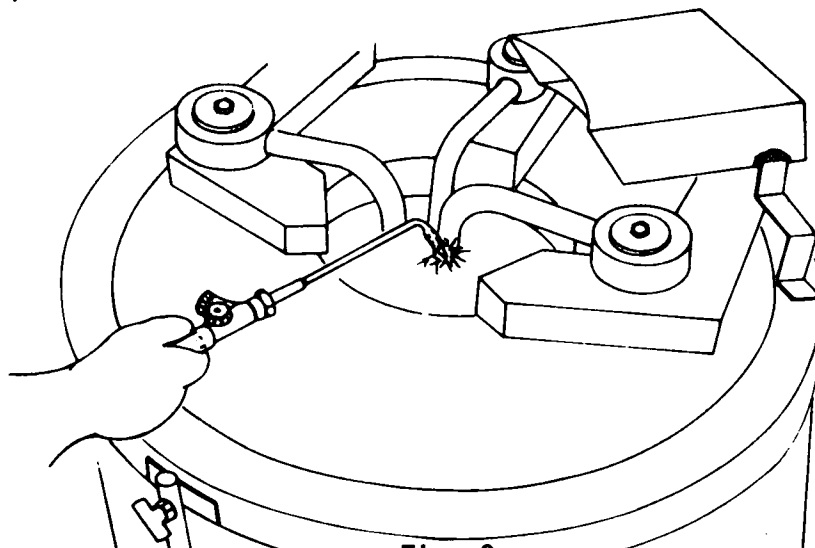


Fig. 3

**PRECAUÇÃO**

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.*

4º passo - *Ligue o forno acionando o interruptor, uma vez iniciada a fusão dos sais.*

**OBSERVAÇÃO**

Deve-se manter o forno ligado até conseguir uma fusão total dos sais.

5º passo - *Ponha em funcionamento o extrator de gases.*

6º passo - *Desligue o forno e retire os elétrodos de iniciação.*

**PRECAUÇÃO**

*PARA RETIRAR OS ELÉTRODOS USE TENAZES E EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.*

7º passo - *Acione o interruptor para funcionar novamente o forno.*

8º passo - *Regule a amperagem, acionando o controle do transformador.*



**OPERAÇÃO:**

OPERAR FORNO DE ELÉTROS PARA BANHOS

REF.: F0.03/TT

3/3

**S E N A I**

9º passo - *Coloque o termoelemento do pirômetro, ou enfoque o pirômetro de radiação.*

**PRECAUÇÃO**

*PRÉ-AQUEÇA O TERMOELEMENTO ANTES DE INTRODUIZÍ-LO NO CADINHO PARA EVITAR PEQUENAS EXPLOSÕES.*

10º passo - *Regule o limitador de temperatura segundo o valor exigido pelo tratamento a realizar.*

**OBSERVAÇÕES**

- 1) Depois de fazer a regulagem, coloque dentro do cadinho as peças, as quais devem estar pré-aquecidas.
- 2) O forno deve manter-se em funcionamento o tempo necessário para o tratamento térmico.
- 3) Durante a operação se agregarão as quantidades de sais necessárias, as quais são pré-aquecidas antes de introduzidas no cadinho.

11º passo - *Desligue o forno acionando o interruptor depois de haver retirado as peças tratadas.*

12º passo - *Retire o termoelemento ou o aparelho de radiação.*

13º passo - *Limpe o cadinho.*

a Retire a escória do cadinho usando a colher perfurada.

b Retire os sais depositando-o em bandejas pré-aquecidas.

**PRECAUÇÃO**

*USE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO E PRÉ-AQUEÇA A COLHER ANTES DE INTRODUIZIDA NO CADINHO.*





## OPERAÇÃO:

OPERAR FORNOS DE COMBUSTÃO

REF.: F0.04/TT 1/4

S E N A I

Esta operação consiste em preparar a fonte de calor, mediante a mistura de combustível e ar em condições de equilíbrio para a combustão, com a qual se conseguem as diferentes temperaturas necessárias para executar os tratamentos térmicos.

Estes fornos são utilizados nas oficinas para tratar principalmente materiais ferrosos. Os mais usados são os de câmara e os de banho de sais.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

#### I - FORNO DE CÂMARA

1º passo - *Abra a tampa do forno e limpe a câmara, usando uma escova.*

2º passo - *Ligue o ventilador.*

#### OBSERVAÇÃO

É necessário verificar que o ventilador se ponha em movimento.

3º passo - *Abra totalmente o registro de ar até que se consiga a saída completa dos gases.*

4º passo - *Acenda o forno.*

a Reduza a passagem de ar até uns 50% aproximadamente de sua pressão.

b Acenda uma mecha e coloque-a no orifício de acender (fig. 1).

c Abra o registro de combustível lentamente, até que se acenda o queimador do forno.

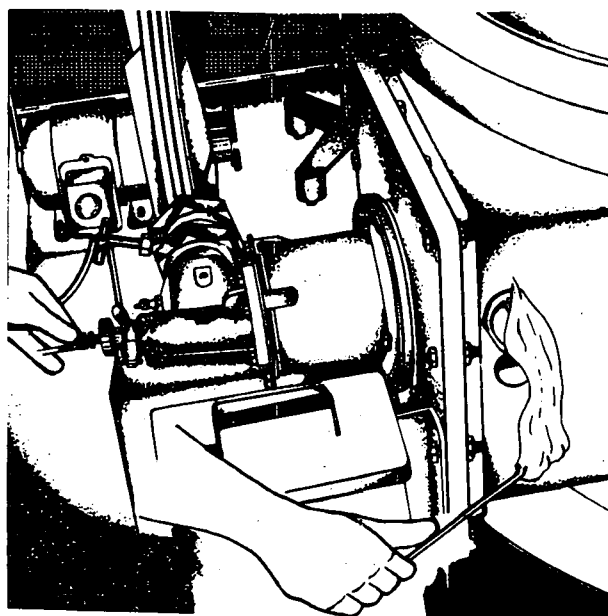


Fig. 1

5º passo - *Regule a mistura de ar e combustível, acionando os registros até conseguir um funcionamento normal do queimador.*

**OBSERVAÇÃO**

Ao cabo de cinco (5) minutos aproximadamente, volte a regular a mistura adicionando combustível um pouco acima da quantidade normal com fim de obter uma atmosfera redutora.

6º passo - *Feche a tampa do forno.*

7º passo - *Regule o limitador de temperatura ao valor desejado.*

**OBSERVAÇÕES**

- 1) Para comprovar o funcionamento do pirômetro observe que o ponteiro chegue ao valor determinado.
- 2) Deve-se manter o forno aceso o tempo necessário para o tratamento a realizar.

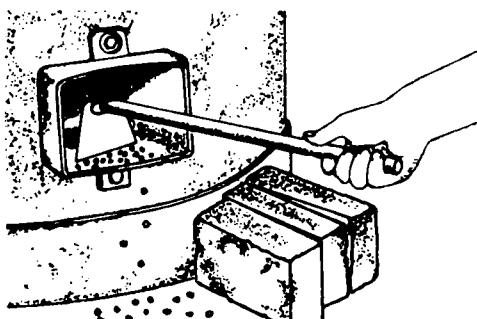
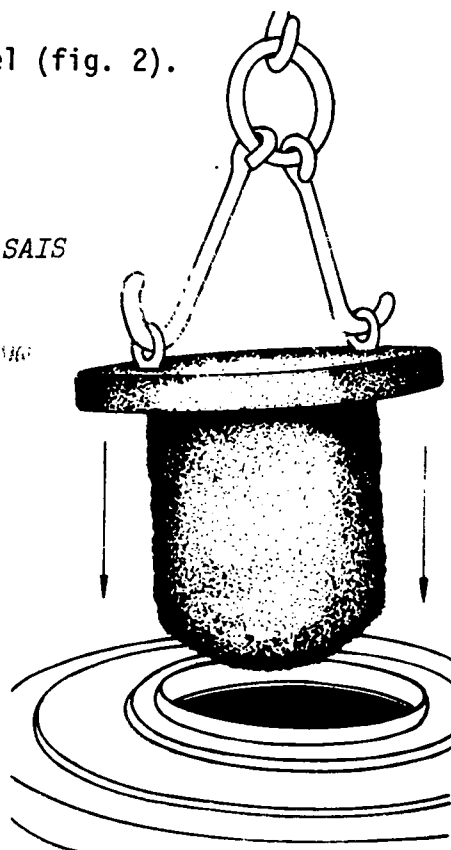

**Fig. 2**

8º passo - *Apague o forno.*

- a Feche completamente o combustível (fig. 2).
- b Feche o registro de ar.
- c Desligue o ventilador.

**II - FORNO DE BANHO DE SAIS**

1º passo - *Limpe a câmara de combustão usando um raspador de limpeza. (fig. 3).*


**Fig. 3**

**Fig. 4**

2º passo - *Coloque o cadinho centralizando-o (fig. 4).*



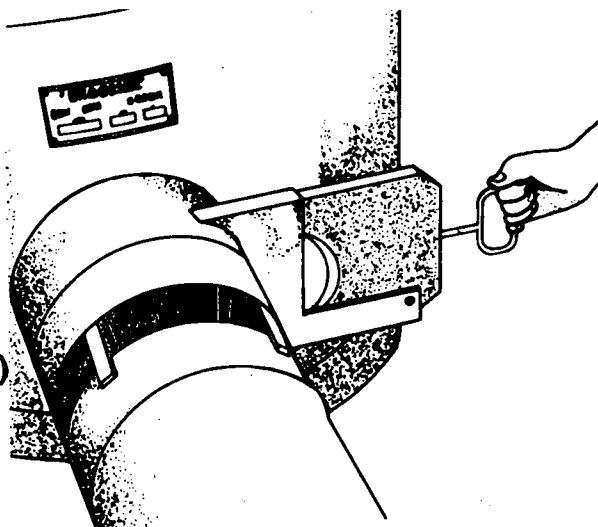
3º passo - *Coloque a quantidade inicial de sais.*

OBSERVAÇÃO

A quantidade e tipos de sais devem ser selecionados de acordo com o tratamento a realizar.

PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA  
AO MANIPULAR OS SAIS, POIS  
ESTES SÃO TÓXICOS.



4º passo - *Abra a saída de gases (fig. 5)*

5º passo - *Ponha em funcionamento o ventilador.*

6º passo - *Acenda o forno.*

Fig. 5

- a Abra completamente o registro de ar.
- b Acenda uma mecha e coloque no orifício de acender, como indica a figura 6.
- c Abra o registro de combustível até que se acenda o queimador do forno.
- d Regule a chama.

OBSERVAÇÃO

Depois de dois minutos feche a saída de gases deixando uma pequena abertura.

7º passo - *Coloque o termoelemento do pirômetro no cadinho e regule o limitador de temperatura ao valor desejado.*

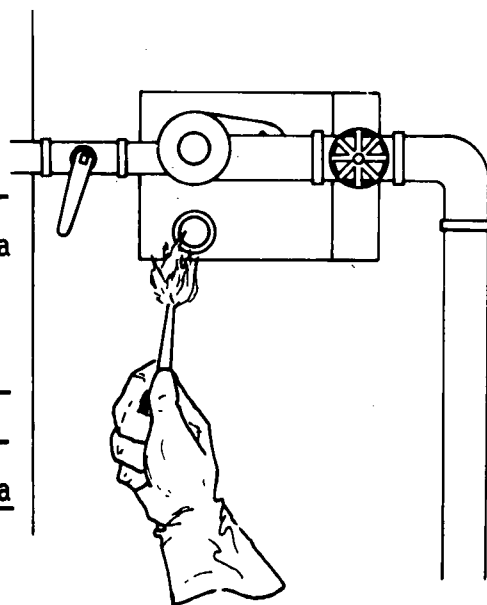


Fig. 6

PRECAUÇÃO

É NECESSÁRIO PRÉ-AQUECER O TERMOELEMENTO ANTES DE COLOCÁ-LO NA POSIÇÃO DE TRABALHO PARA EVITAR SAPICOS DE SAL.

**OPERAÇÃO:**

OPERAR FORNOS DE COMBUSTÃO

REF.: F0.04/TT

4/4

**S E N A I**

8º passo - *Regule a mistura de ar e combustível após 15 minutos aproximadamente de realizar a primeira regulagem da chama.*

**OBSERVAÇÃO**

Durante o transcurso da operação é necessário voltar a regular a mistura.

9º passo - *Complete a quantidade de sais até 3/4 aproximadamente do nível total do cadinho.*

**PRECAUÇÃO**

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E PRÉ-AQUEÇA AS COLHERES E SAIS ANTES DE INTRODUI-LOS NO CADINHO, POIS EXISTE PERIGO DE EXPLOSÕES.*

10º passo - *Apague o forno.*

- a Feche completamente a saída de combustível.
- b Feche a saída de ar.
- c Desligue o ventilador.

11º passo - *Limpe o cadinho.*

- a Retire a escória com uma colher perfurada.
- b Tire os sais com uma concha e coloque em uma bandeja, pré-aquecida.

**PRECAUÇÃO**

*UTILIZE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E COLHERES PRÉ-AQUECIDAS.*



É a operação com a qual se determina, mediante máquinas especiais, a resistência que oferecem os materiais ao serem penetrados por um mais duro. Utiliza-se para avaliar numericamente a propriedade de dureza dos materiais tratados termicamente ou não. Os ensaios mais usados para medir dureza são os denominados ROCKWELL, BRINELL e VICKERS.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

#### CASO I - ENSAIO ROCKWELL

1º passo - *Limpe a superfície da peça.*

#### OBSERVAÇÃO

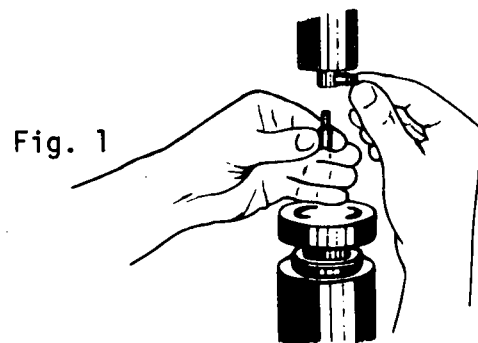
Use lixa ou esmerilhadora.

#### PRECAUÇÃO

USE ÓCULOS DE SEGURANÇA PARA PROTEGER OS OLHOS QUANDO TRABALHAR COM A ESMERILHADORA.

2º passo - *Prepare a máquina de ensaio.*

- a Coloque o penetrador no ca  
beçote da máquina (fig. 1) e  
proteja-o.
- b Selecione e coloque a car-  
ga.



3º passo - *Coloque a peça sobre o suporte da máquina.*

#### OBSERVAÇÃO

Ao colocar a peça no suporte, esta deve ficar apoiada uniformemente sobre a superfície de contato e sem movimento (fig. 2).

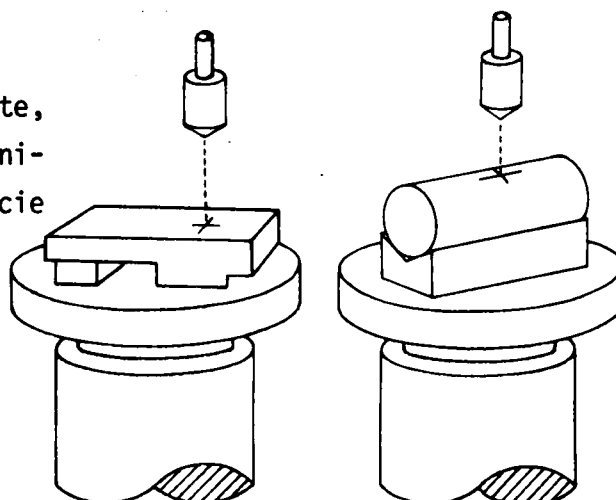


Fig. 2

4º passo - *Ponha em contato a peça com o penetrador, conforme a figura 3.*

**OBSERVAÇÃO**

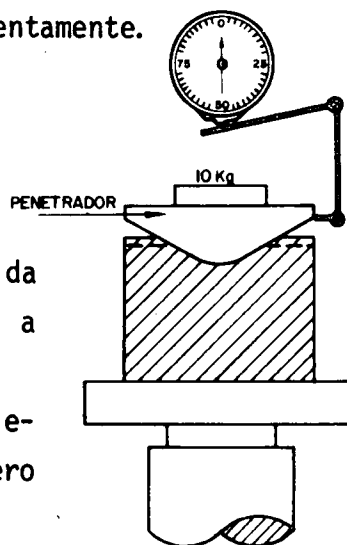
Quando a peça está próxima do penetrador, avance lentamente.

**Fig. 3**

5º passo - *Aplique a pré-carga.*

a Acione o elevador da máquina até que atue a pré-carga de 10 Kg.

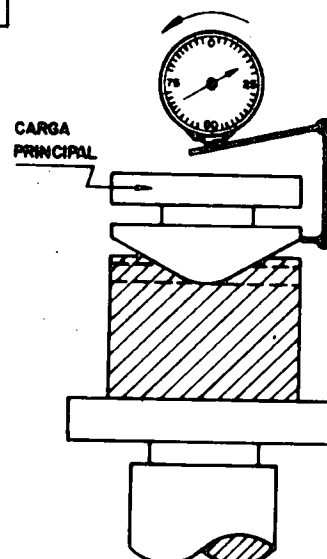
b Regule o relógio levando-o à posição zero (fig. 4).


**Fig. 4**

6º passo - *Aplique a carga principal (fig. 5).*

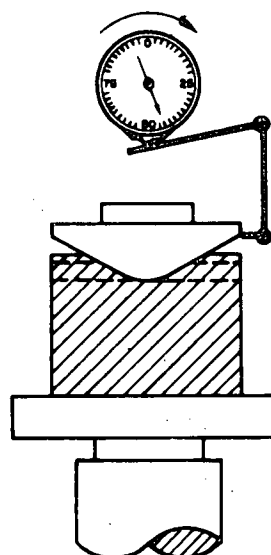
**OBSERVAÇÃO**

Mantenha a carga durante trinta (30) segundos aproximadamente.


**Fig. 5**

7º passo - *Retire a carga principal e faça a leitura do relógio na escala correspondente (fig. 6).*

8º passo - *Baixe o elevador e retire a peça.*


**Fig. 6**

CASO II - ENSAIO BRINELL

1º passo - *Limpe a superfície da peça.*

2º passo - *Prepare a máquina de ensaio de dureza.*

- a Coloque o penetrador no cabeçote da máquina e proteja-o.
- b Selecione e coloque a carga.

3º passo - *Coloque a peça sobre o suporte da máquina.*

4º passo - *Ponha em contato a peça com o penetrador (fig. 7).*

OBSERVAÇÃO

Quando a peça estiver próxima ao penetrador avance lentamente.

5º passo - *Aplique a carga lentamente mantendo-a 10 segundos aproximadamente.*

6º passo - *Baixe o elevador e retire a peça (fig. 8).*

7º passo - *Meça a impressão deixada em diferentes posições, utilizando lupa graduada ou micrômetro ótico (fig. 9).*

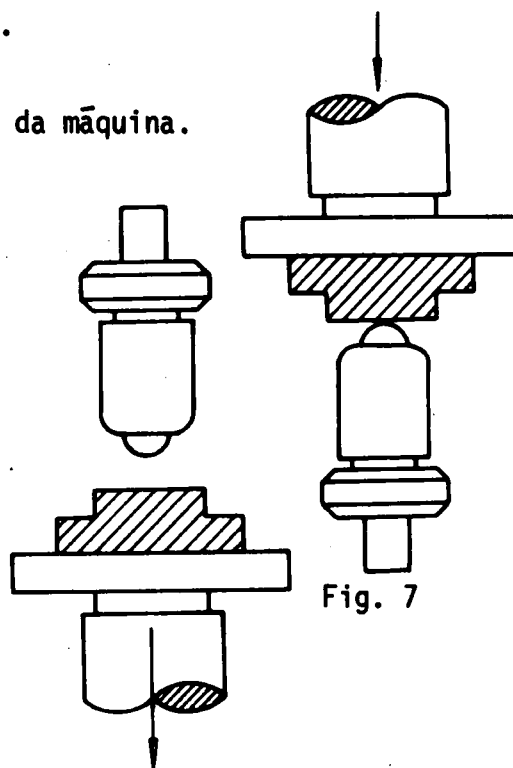


Fig. 7

Fig. 8

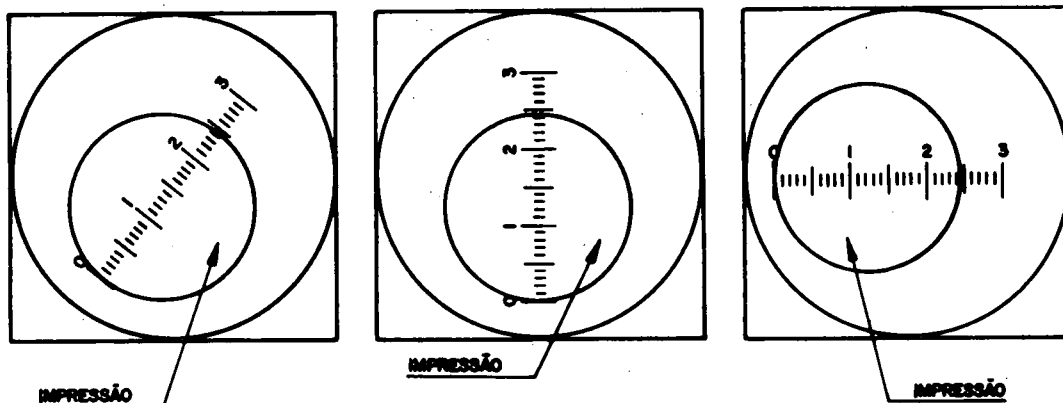


Fig. 9

OBSERVAÇÃO

A dureza é determinada mediante tabelas e fórmulas com base na média das medidas obtidas.

CASO III - ENSAIO VICKERS

1º passo - *Limpe a superfície da peça com lixa.*

OBSERVAÇÃO

A superfície deve ficar polida.

2º passo - *Prepare a máquina de ensaio.*

a Coloque o penetrador no cabeçote e proteja-o (fig. 1).

b Selecione e coloque a carga.

3º passo - *Coloque a peça sobre o suporte da máquina.*

OBSERVAÇÃO

Ao colocar a peça no suporte, esta deve ficar apoiada sem movimento (fig. 2).

4º passo - *Ponha em contato a peça com o penetrador (fig. 3).*

OBSERVAÇÃO

Quando a peça estiver próxima ao penetrador, avance lentamente.

5º passo - *Aplique a carga lentamente, mantendo-a durante 20 segundos aproximadamente.*

6º passo - *Retire a carga e meça a impressão em duas posições, utilizando microscópio ou lupa graduada (fig. 10).*

OBSERVAÇÃO

A dureza é determinada mediante tabelas e fórmulas tomando como base a média das dimensões obtidas.

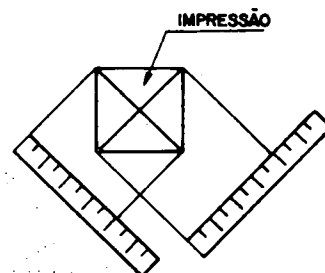


Fig. 10



Ao aquecer o material a uma temperatura mais elevada que a do ponto crítico superior, mantendo-o dentro do forno um tempo determinado e finalmente esfriá-lo ao ar, consegue-se a operação denominada: normalização. Utiliza-se para eliminar tensões internas dos materiais que tenham sofrido trabalhos a quente ou a frio, ou que tenham sido tratados termicamente de forma defeituosa. Geralmente se aplica nos aços ao carbono.

#### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - Coloque a peça no forno (fig. 1).

2º passo - Acenda o forno.

3º passo - Regule a temperatura segundo tabelas e diagramas.

#### OBSERVAÇÕES

1) As peças com um diâmetro maior que 200 milímetros devem ser pré-aquecidas a 500°C aproximadamente.

2) As peças são protegidas contra a descarbonização cobrindo-as com cavaco de metais ferrosos ou com carvão (fig. 2).

#### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E TENAZES, AO MANIPULAR PEÇAS PRÉ-AQUECIDAS.

4º passo - Feche a tampa do forno.

#### OBSERVAÇÕES

1) A elevação de temperatura deve ser feita lentamente até conseguir o valor desejado.

2) A peça deve permanecer no forno, o tempo indispensável de acordo com a classe de material e tamanho da mesma. Deve-se consultar tabelas e diagramas.

5º passo - Abra a tampa do forno.

6º passo - Tire a peça e deixe-a esfriar ao ar.

#### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.

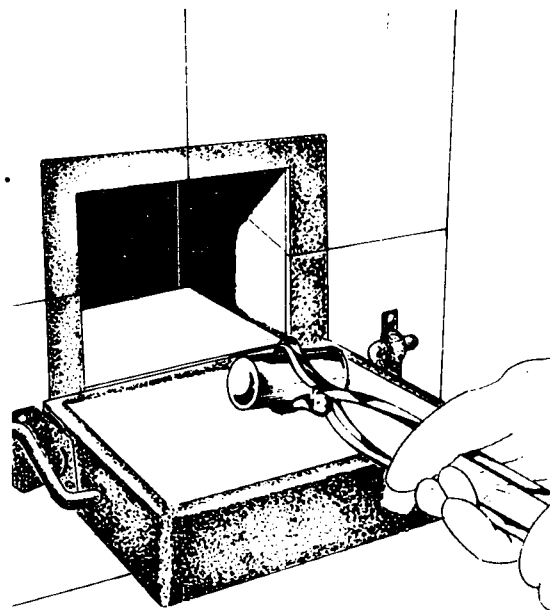


Fig. 1

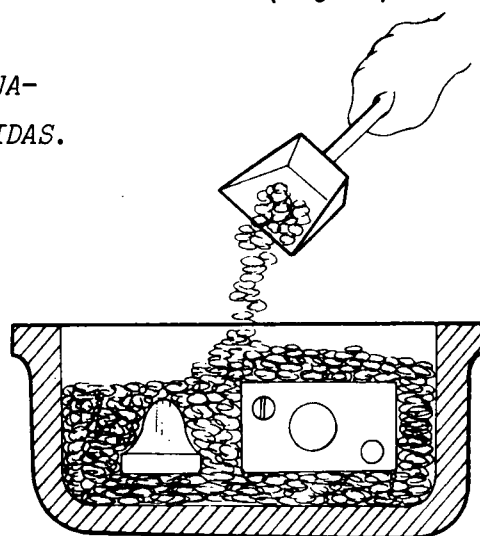


Fig. 2









As peças neste tratamento são aquecidas a uma certa temperatura, a qual depende do tipo do material e das características desejadas. Mantém-se a esta temperatura um certo tempo e depois se deixa esfriar lentamente, de preferência dentro do forno.

O recozimento é utilizado para abrandar, regenerar a estrutura e eliminar as tensões internas nos materiais. Aplica-se geralmente para tratar peças de aço ou ferro fundido.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Coloque a peça no forno, ligue-o e feche a tampa.*

#### OBSERVAÇÕES

- 1) As peças frias, de diâmetro ou espessura maior que 200 mm somente poderão ser introduzidas no forno quando a temperatura deste seja inferior a 400°C, caso contrário, é conveniente pré-aquecê-las lentamente.
- 2) Deve-se proteger as peças contra a descarbonização envolvendo as com carvão ou com cavacos de ferro fundido como indica a figura 1.

#### PRECAUÇÃO

QUANDO MANIPULAR PEÇAS PRÉ-AQUECIDAS USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E TENAZES.

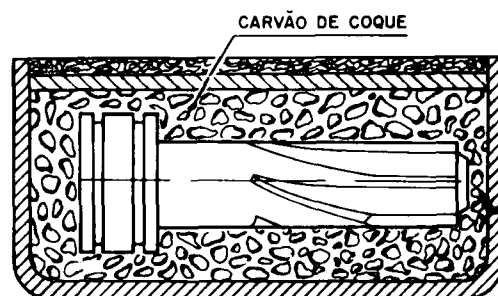


Fig. 1

2º passo - *Regule a temperatura do forno.*

#### OBSERVAÇÕES

- 1) A elevação da temperatura deve realizar-se lentamente até conseguir o valor desejado. Consulte tabelas e diagramas.
- 2) A peça deve permanecer no forno o tempo indispensável, de acordo com a classe de material e tamanho das peças. Deve-se consultar tabelas.

3º passo - *Desligue o forno e deixe esfriar a peça até que a temperatura chegue a 300°C.*

4º passo - *Tire a peça do forno e deixe-a esfriar à temperatura ambiente.*

#### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E TENAZES.





Este tratamento consiste em aquecer o aço ou o ferro fundido por um tempo determinado e a uma temperatura mais elevada que o ponto crítico superior para depois esfriá-lo rapidamente em água, óleo ou ar comprimido. Utiliza-se especialmente quando se deseja a dureza máxima de peças tais como: matrizes, punções e ferramentas em geral.

#### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Pré-aqueça a peça.*

##### OBSERVAÇÃO

Este aquecimento deve realizar-se lentamente até conseguir uma temperatura próxima a do ponto crítico inferior utilizando, de preferência, um forno de pré-aquecimento.

2º passo - *Tire a peça do forno de pré-aquecimento e introduza-a no forno de têmpera (fig. 1).*

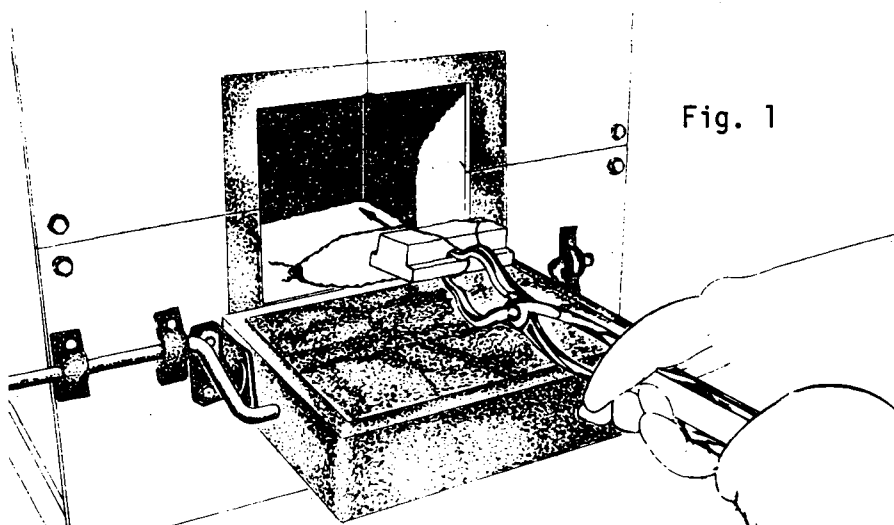


Fig. 1

##### OBSERVAÇÃO

Se a operação é utilizada em um forno de câmara, deve-se proteger a peça contra descarbonização envolvendo-a com carvão ou cavacos de ferro fundido.

3º passo - *Regule a temperatura e tempo de aquecimento de acordo ao indicado em tabelas e normas.*

##### OBSERVAÇÃO

Deve-se manter as peças na temperatura de têmpera e tempo necessário a classe de material e tamanho da peça.



4º passo - *Tire a peça do forno.*

#### OBSERVAÇÃO

*USE TENAZES E EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.*

5º passo - *Esfrie a peça (em água, óleo ou ar comprimido).*

#### OBSERVAÇÕES

- 1) Deve-se consultar tabelas para determinar o meio de esfriamento, o qual se seleciona de acordo com a classe do material e as condições finais desejadas.
- 2) Ao ser submetida a peça a esfriamento, deverá verificar sua posição para evitar deformações (fig. 2).

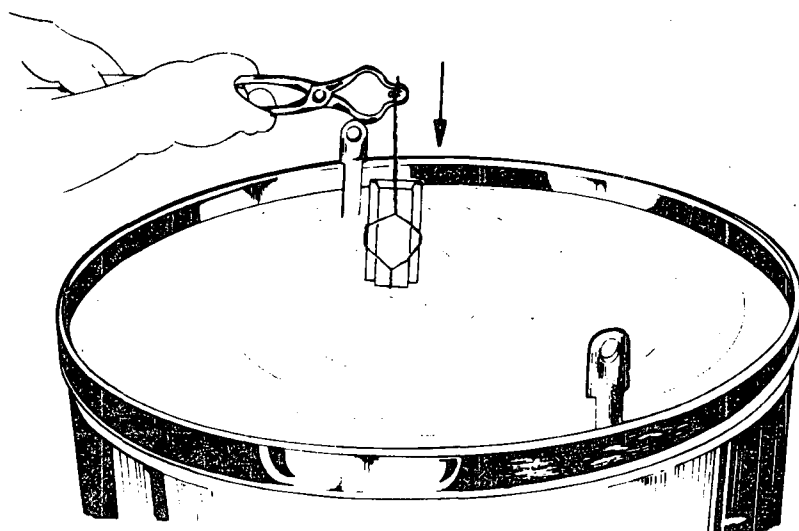


Fig. 2



Depois que uma peça tenha sido temperada, usualmente é submetida a um revenido. Neste tratamento se aquece a peça a uma temperatura mais baixa que o ponto crítico inferior, mantendo-a durante um tempo determinado e depois esfriando-a geralmente ao ar. Para o aquecimento das peças usam-se com frequência fornos de banho de sais e fornos de atmosfera circulante. O revenido é feito com o objetivo de diminuir a dureza, reduzir as tensões internas e aumentar a tenacidade de peças de aço ou ferro fundido.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

#### *I - REVENIDO EM BANHOS DE SAIS*

1º passo - Coloque a peça no cadinho do forno em funcionamento, procurando que esta fique completamente submergida no banho (fig. 1).

#### PRECAUÇÕES

1) SEMPRE QUE SE UTILIZAR FORNOS DE BANHO DE SAIS, DEVE-SE PRÉ-AQUECER AS PEÇAS PARA ELIMINAR E EVITAR EXPLOSÕES.

2) INTRODUZA LENTAMENTE A PEÇA NO BÂNHOO PARA EVITAR SALPICOS DE SAIS QUENTES.

2º passo - Regule a temperatura do forno.

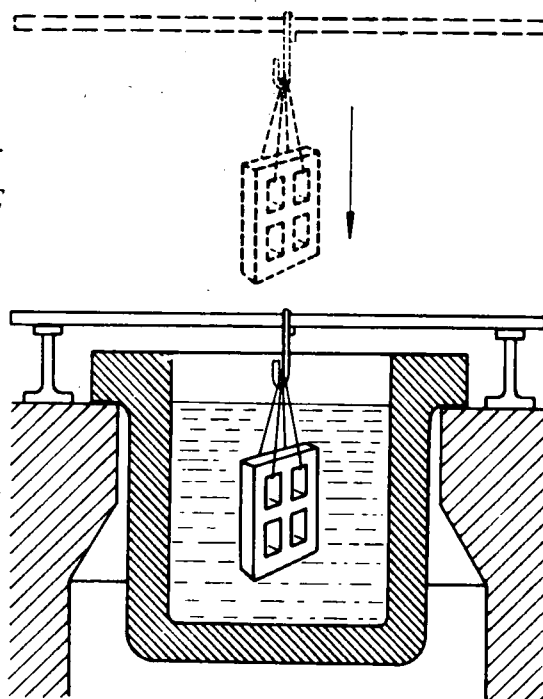


Fig. 1

#### OBSERVAÇÕES

- 1) As temperaturas são selecionadas em tabelas e diagramas, de acordo com o material e características finais desejadas.
- 2) Manter-se a temperatura de revenido o tempo necessário, segundo a classe de material e tamanho da peça.



OPERAÇÃO:

REVENIR

REF.: F0.09/TT 2/2

S E N A I

3º passo - *Retire a peça do forno.*

PRECAUÇÃO

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA PARA EVITAR QUEIMADURAS.*

4º passo - *Esfrie a peça ao ar.*

OBSERVAÇÃO

Em casos especiais o esfriamento deve ser feito rapidamente.

II - REVENIDO EM ATMOSFERA CIRCULANTE

1º passo - *Introduza a peça no forno.*

2º passo - *Acenda o forno e regule a temperatura ao valor desejado.*

3º passo - *Acione o sistema de circulação forçada.*

OBSERVAÇÃO

A peça é mantida no forno o tempo necessário, segundo a classe de material e tamanho da mesma.

4º passo - *Retire a peça e esfrie-a ao ar.*

PRECAUÇÃO

*USE LUVAS E TENAZES AO MANIPULAR AS PEÇAS, PARA EVITAR QUEIMADURAS.*



Neste tratamento as peças de aço ou ferro fundido são aquecidas a uma temperatura um pouco mais elevada que a temperatura superior; mantêm-se a esta temperatura um certo tempo e depois esfria-se em um banho quente cuja temperatura varia de acordo com a classe de material e as características finais desejadas.

Utiliza-se principalmente para obter uma elevada tenacidade em peças tais como: eixos de transmissão, ferramentas manuais, engrenagens e molas.

#### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Pré-aqueça lentamente as peças a uma temperatura próxima a temperatura inferior.*

2º passo - *Coloque as peças pré-aquecidas no forno de têmpera e regule a temperatura de acordo com o tipo de material.*

#### OBSERVAÇÕES

- 1) Esta temperatura deve ser selecionada com tabelas e diagramas.
- 2) Deve-se proteger as peças contra a descarbonização, se necessário.
- 3) Deve-se manter a temperatura de têmpera o tempo requerido pelo tipo de material e tamanho da peça.

3º passo - *Retire a peça do forno e imediatamente introduza-a no banho quente (fig. 1).*

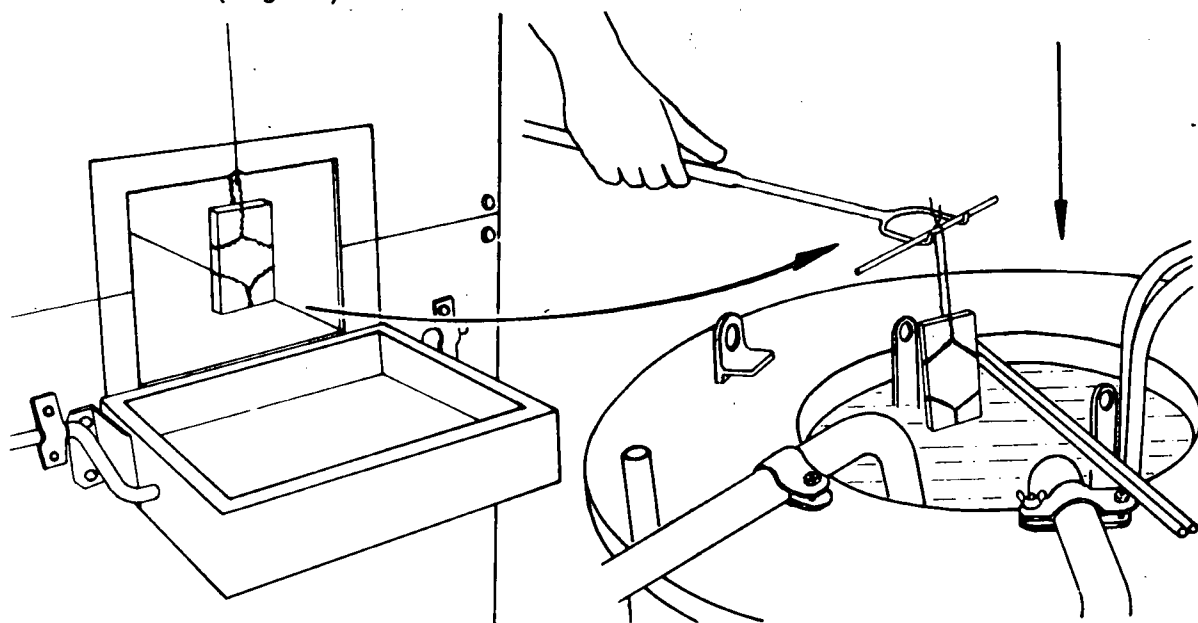


Fig. 1

**OBSERVAÇÃO**

A temperatura do banho quente e o tempo de permanência da peça no banho, se determina mediante tabelas e diagramas.

**PRECAUÇÃO**

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA AO MANIPULAR AS PEÇAS.*

4º passo - *Tire a peça do banho quente e deixe-a esfriar ao ar colocando-a sobre um material refratário (fig. 2).*

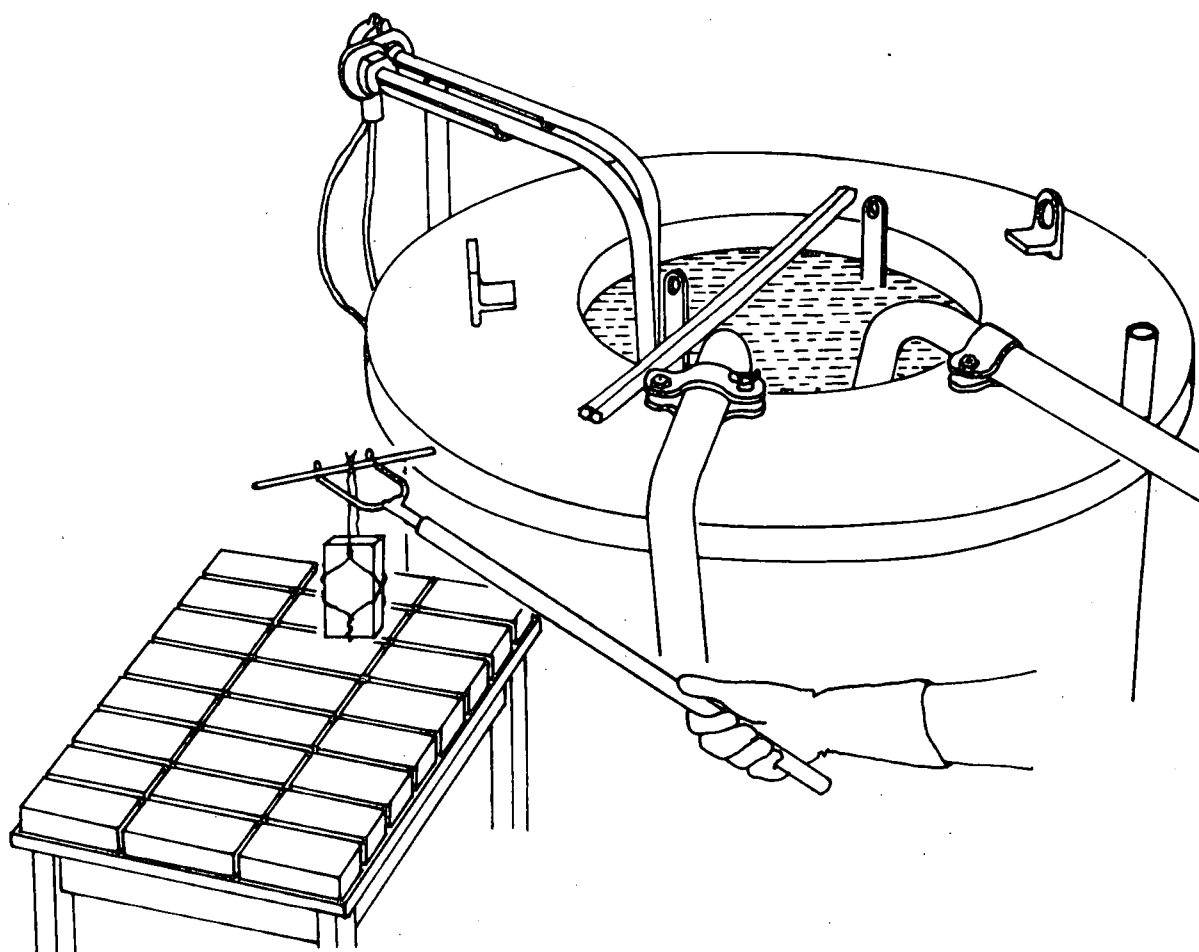


Fig. 2

**OBSERVAÇÃO**

Em casos especiais, as peças são esfriadas rapidamente.





Na têmpera superficial se aquece perifericamente certas zonas das peças mediante chama oxiacetilênica ou corrente elétrica de alta frequência, até conseguir uma temperatura maior que a do ponto crítico superior e logo esfria-se rapidamente em água, óleo ou ar comprimido.

Esta operação é utilizada para dar uma dureza superficial as peças elaboradas em aço ou ferro fundido que serão submetidas a atrito de fricção e a esforços mecânicos, como por exemplo: eixos, engrenagens e ferramentas.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

#### *I - TÊMPERA SUPERFICIAL COM CHAMA*

1º passo - *Acenda o maçarico.*

#### **PRECAUÇÃO**

*AO MANIPULAR O EQUIPAMENTO OXIACETILÊNICO DEVE-SE EVITAR CONTATOS COM SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS, PORQUE EXISTE PERIGO DE EXPLOÇÃO.*

2º passo - *Regule o maçarico até obter uma chama semicarburante.*

3º passo - *Aqueça a peça dirigindo a chama na parte que se deseja temperar (fig. 1).*

#### **OBSERVAÇÕES**

- 1) O aquecimento deve realizar-se uniformemente, até conseguir a temperatura de têmpera na periferia da peça.
- 2) O tempo de aquecimento e velocidade de deslocamento da chama sobre a peça dependem da profundidade que se deseja endurecer.

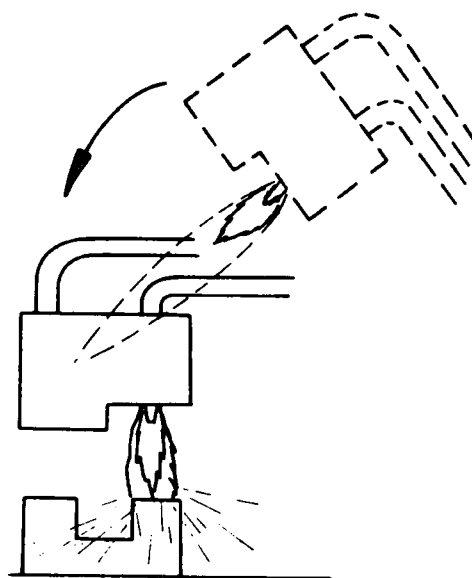


Fig. 1

4º passo - *Acione o sistema de refrigeração e esfrie a peça na zona aquecida.*

#### OBSERVAÇÃO

O esfriamento deve efetuar-se quase simultaneamente com o aquecimento usando para isto, de preferência um dispositivo que permita instalar junto a chama do maçarico um jato de água conforme indica a figura 2.

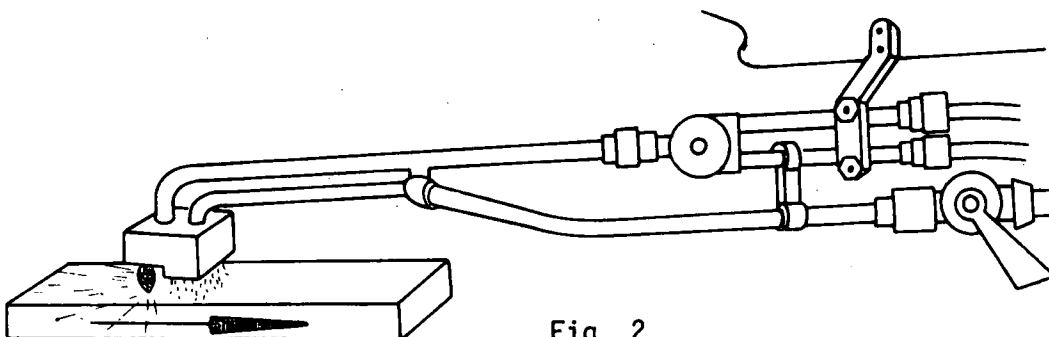


Fig. 2

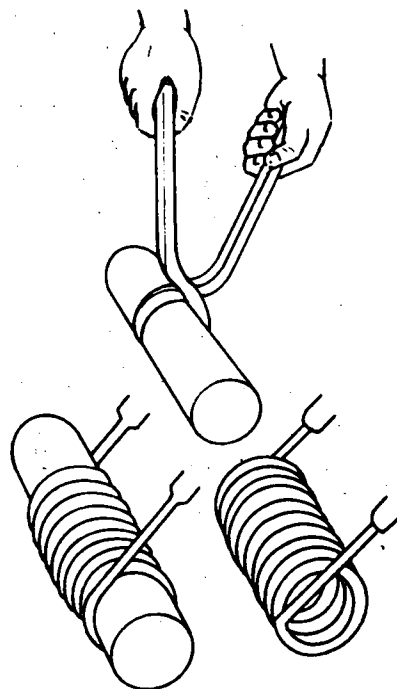
### II - TÊMPERA SUPERFICIAL POR ALTA FREQUÊNCIA

1º passo - *Coloque a zona a temperar da peça na bobina indutora de alta frequência (fig. 3).*

2º passo - *Ponha em funcionamento o sistema refrigerante da bobina.*

3º passo - *Ligue o gerador de frequência acionando o interruptor.*

Fig. 3



#### OBSERVAÇÕES

- 1) Antes de acionar o interruptor, deve-se selecionar a frequência a utilizar.
- 2) A profundidade da têmpera depende do tempo e da frequência utilizada.
- 3) O aquecimento deve realizar-se até conseguir a temperatura de têmpera.

4º passo - *Desligue o gerador* acionando o interruptor.

OBSERVAÇÃO

Se o processo for contínuo o gerador é desligado somente após terminada toda a operação.

5º passo - *Retire a peça* da bobina e esfrie-a imediatamente.

OBSERVAÇÃO

Quando o procedimento usado é contínuo, depois de realizado o aquecimento deve-se esfriar a zona aquecida da peça a medida que esta avança (fig. 4).

PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA AO MANIPULAR PEÇAS E BOBINAS PARA EVITAR QUEIMADURAS.

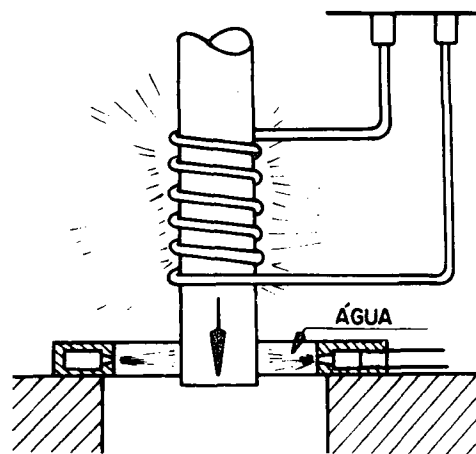


Fig. 4

6º passo - *Feche a circulação* do refrigerante da bobina.

OBSERVAÇÃO

No processo contínuo uma vez terminada a têmpera superficial, deve-se desligar a refrigeração da peça.





Consiste em dar a peça uma camada superficial de grande dureza, conservando o núcleo com uma elevada tenacidade. Para que isto ocorra colocam-se as peças envoltas em um meio carburante sólido dentro de uma caixa fechada hermeticamente e se submete a temperaturas compreendidas entre 850 a 1000°C; mantém-se a esta temperatura um certo tempo e logo esfria-se ao ar.

Com esta operação consegue-se aumentar o conteúdo de carbono, das peças construídas especialmente com aços de baixa percentagem de carbono. Este tratamento assim realizado denomina-se cementação.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Prepare a caixa de cementação.*

- a Estenda no fundo da caixa uma camada uniforme de cementante de três centímetros de espessura aproximadamente (fig. 1).
- b Coloque as peças na caixa, distanciando uma da outra dois centímetros aproximadamente (fig. 2).

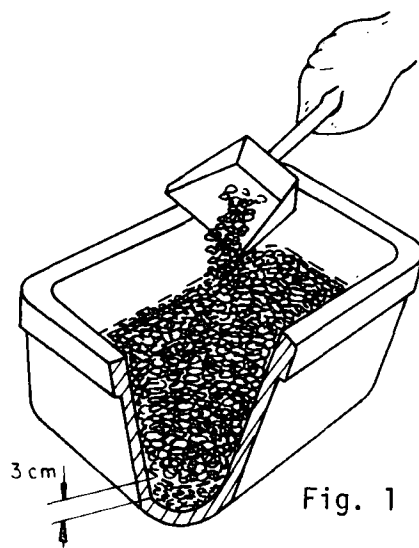


Fig. 1

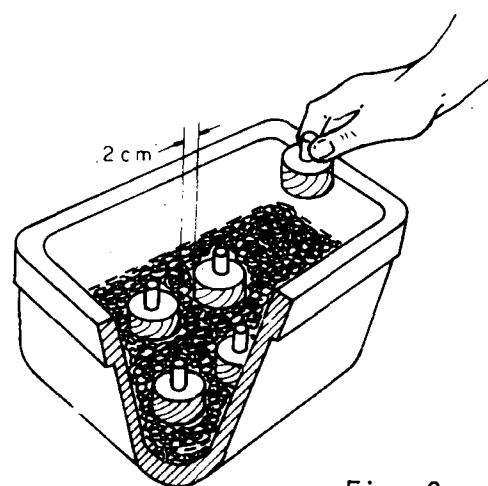


Fig. 2

- c Estenda sobre as peças outra camada uniforme de cementante de três centímetros de espessura aproximadamente.
- d Coloque a tampa na caixa e golpee suave e uniformemente com um martelo.

2º passo - *Feche hermeticamente a caixa com uma pasta refratária.*

- a Prepare a mistura de cinco partes de terra refratária e uma parte de pó de esmeril.
- b Misture bem os dois elementos e agregue água até formar uma massa pastosa.



c Coloque uma camada de mistura de três centímetros aproximadamente nas uniões da tampa com a caixa, até conseguir um fechamento hermético (fig. 3).

3º passo - Introduza a caixa no forno e feche a tampa do mesmo.

4º passo - Regule a temperatura prevista para a cementação.

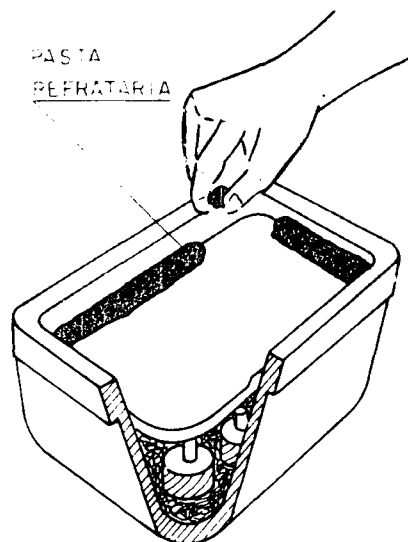


Fig. 3

#### OBSERVAÇÃO

Deve-se manter as peças no forno o tempo requerido pela classe de material, tipo de cementante usado e profundidade da camada cementada desejada.

5º passo - Retire a caixa do forno.

#### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA.

6º passo - Tire a peça da caixa e deixe-a esfriar ao ar.

#### OBSERVAÇÃO

Geralmente depois da cementação, as peças devem ser submetidas a uma têmpera e revenido com o objetivo de melhorar as condições finais do material.

#### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA AO MANIPULAR AS PEÇAS TRATADAS PARA EVITAR QUEIMADURAS.



Similarmente à operação de tratar termoquimicamente com substâncias sólidas, este processo tem por objetivo dar uma dureza superficial nas peças, aquecendo-as em um meio líquido a uma temperatura elevada. Se o meio usado é basicamente carburante, o tratamento se denomina cementação, se contém cianeto, a peça adquire propriedades especiais de dureza e o processo se chama cianetação.

Depois do aquecimento no banho líquido esfria-se o material no ar e geralmente submete-se a uma têmpera e revenido final. Esta operação é empregada especialmente quando se deseja tratar, em pouco tempo, peças pequenas.

#### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Prepare a peça.*

- a Amarre a peça com arame ou coloque-a num cesto ou em um dispositivo de fixação (fig.1).
- b Prê-aqueça a peça a uma temperatura de  $500^{\circ}\text{C}$  aproximadamente.

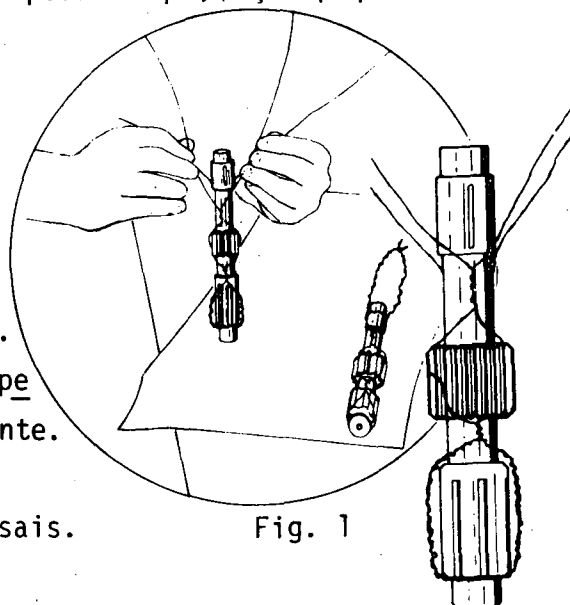


Fig. 1

2º passo - *Introduza a peça no banho de sais.*

#### OBSERVAÇÃO

Quando se tratam várias peças de uma vez, deve-se procurar que estas fiquem separadas uma das outras e que não se apoiem no fundo do cadinho (fig. 2).

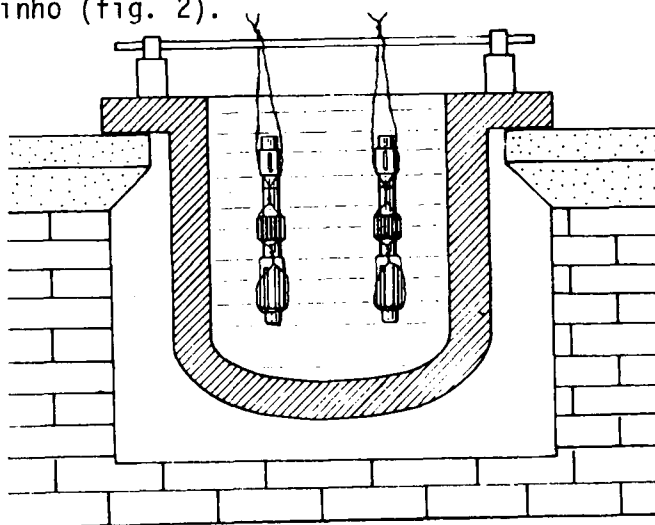


Fig. 2

#### PRECAUÇÃO

USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA E PRÊ-AQUEÇA OS ELEMENTOS DE TRABALHO ANTES DE INTRODUZIDOS NO BANHO.





OPERAÇÃO: TRATAR TERMOQUIMICAMENTE  
(COM SUBSTÂNCIAS LÍQUIDAS)

REF.: F0.13/TT 2/2

S E N A I

3º passo - *Regule a temperatura* ao valor requerido pelo tratamento a realizar.

#### OBSERVAÇÕES

- 1) A temperatura é selecionada de acordo com as características finais desejadas.
- 2) A peça deve ser mantida no banho cementante ou cianetante o tempo requerido.

4º passo - *Retire a peça do cadinho* e deixe-a esfriar ao ar.

#### OBSERVAÇÕES

- 1) Depois desta operação é conveniente tratar as peças mediante uma têmpera e um revenido final, para melhorar suas características.
- 2) As peças de camada fina podem temperar-se diretamente ao sair do banho; neste caso deve-se esperar seu esfriamento até a temperatura de têmpera.

#### PRECAUÇÕES

- 1) USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA AO MANIPULAR AS PEÇAS PARA EVITAR QUEIMADURAS.
- 2) LEMBRE-SE QUE QUANDO SE REVINE EM UM BANHO DE SAIS QUE CONTÉM NITRITOS OU NITRATOS, DEVE ASSEGURAR-SE QUE AS PEÇAS ESTEJAM LIMPAS DE SAIS QUE CONTENHAM CIANETO, CASO CONTRÁRIO HAVERÁ POSSIBILIDADE DE PEQUENAS EXPLOSÕES.





É o manejo de uma fonte de calor alimentada com energia elétrica ou combustível, e dotada de uma câmara onde são introduzidas as peças a tratar e as substâncias gasosas que se usam como meio cementante, nitretante ou carbonitretante as quais selecionam-se de acordo ao tratamento a realizar. Estes fornos são operados quando se deseja endurecer superficialmente peças de aço, utilizando as substâncias gasosas mencionadas fazendo-as circular ao redor das peças mediante um ventilador acoplado ao forno.

#### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Retire a tampa do forno.*

2º passo - *Introduza as peças no forno montadas em um dispositivo (fig. 1).*

3º passo - *Coloque e feche a tampa do forno.*

4º passo - *Acenda o sistema de aquecimento.*

5º passo - *Regule a temperatura acionando o controle do pirômetro (fig. 2).*

6º passo - *Injete a substância usada como meio gaseificante regulando a saída, mediante o acionamento dos registros.*

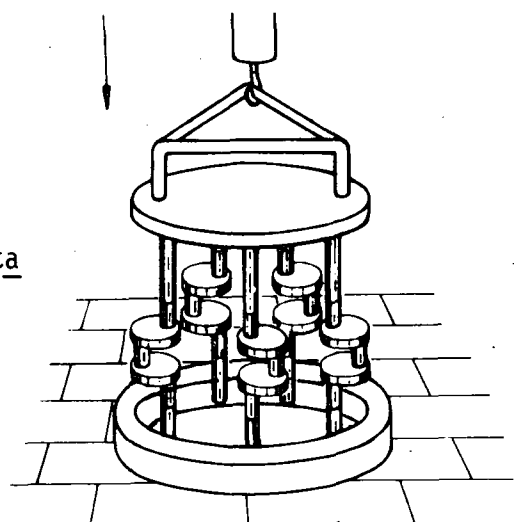


Fig. 1

#### OBSERVAÇÕES

1) Utilizando-se substâncias cementantes líquidas, estas devem ser injetadas quando o forno tenha alcançado uma temperatura de 650°C.

2) A quantidade de substância deve ser regulada de acordo com o material e características finais desejadas.

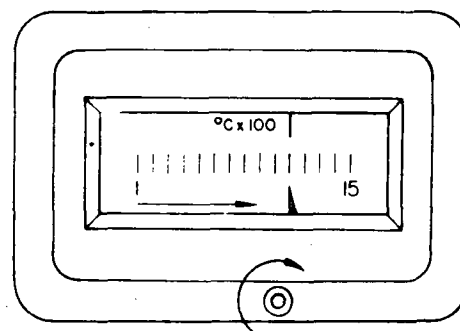


Fig. 2

#### PRECAUÇÃO

DEVE-SE ACENDER A CHAMA DE SEGURANÇA PARA EVITAR CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE COM GASES NOCIVOS.





OPERAÇÃO: OPERAR FORNO PARA TRATAR  
TERMOQUIMICAMENTE COM GÁS

REF.: F0.14/TT

2/2

S E N A I

7º passo - *Ponha em movimento o ventilador para conseguir a circulação dos gases.*

8º passo - *Desligue a calefação do forno.*

9º passo - *Desligue a injeção da substância fechando totalmente o registro.*

10º passo - *Solte os gases usando os dispositivos de saída do forno.*

**PRECAUÇÃO**

*OS GASES DEVEM SER QUEIMADOS NA SAÍDA DO CONDUTOR PARA EVITAR CONTAMINAÇÃO.*

11º passo - *Desligue o ventilador.*

12º passo - *Retire a tampa do forno e tire as peças.*

**PRECAUÇÃO**

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA AO MANIPULAR AS PEÇAS.*

Quando se deseja que as peças de aço obtenham uma camada superficial dura e homogênea, trata-se termoquimicamente com gases carburantes, nitritantes ou carbonitretantes a determinadas temperaturas, utilizando fornos especiais. As características finais do material assim tratado, dependem do meio gasoso utilizado, da temperatura e do tempo de permanência no forno. O objetivo desta operação é cementar, nitritar ou carbonitritar peças de grande tamanho ou grande quantidade de peças pequenas, tais como: eixos, virabrequins, engrenagens, peças de máquinas e auto-motores.

### PROCESSO DE EXECUÇÃO

1º passo - *Prepare a peça.*

- a Limpe a peça usando um banho para retirar a gordura.
- b Coloque a peça em um dispositivo de fixação (fig. 1).

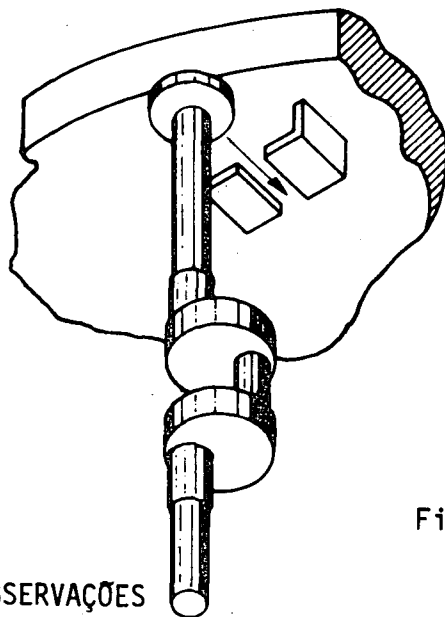
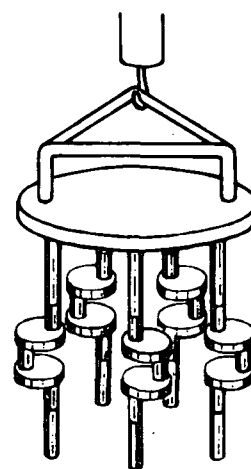


Fig. 1



### OBSERVAÇÕES

- 1) Quando o processo de endurecimento superficial utilizado é a nitritação, as peças devem estar previamente temperadas e revenidas.
- 2) Quando não se quer tratar algumas partes da peça, deve-se cobri-las com uma camada da protetora.

2º passo - *Introduza a peça e feche o forno.*

3º passo - *Coloque o corpo de provas no orifício de ensaio (fig. 2).*

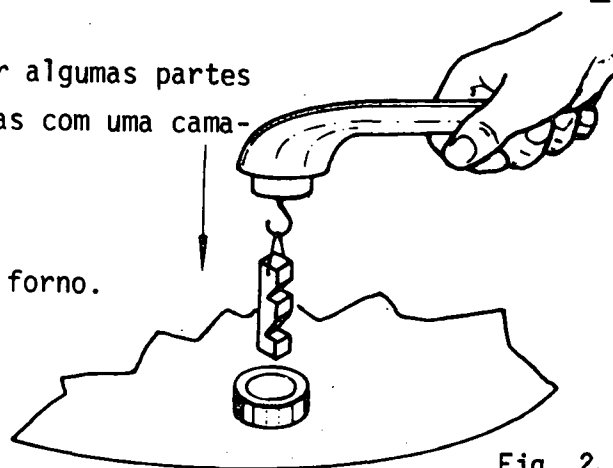


Fig. 2

4º passo - *Acenda o sistema de aquecimento e regule a temperatura ao valor requerido pelo tratamento.*

5º passo - *Injete a substância gaseificante regulando sua quantidade.*

#### OBSERVAÇÃO

As substâncias usadas e as temperaturas em que se deve efetuar a injeção variam segundo o tratamento a realizar. Consulte tabelas.

6º passo - *Acione o sistema de circulação dos gases.*

7º passo - *Retire o corpo de prova, esfrie-o rapidamente e frature-o.*

#### OBSERVAÇÕES

- 1) A ruptura geralmente deve ser feita usando um dispositivo para quebrar o corpo de provas (fig. 3).
- 2) A espessura da camada tratada deve ser verificada com uma lupa graduada na zona endurecida do corpo de provas fraturado.

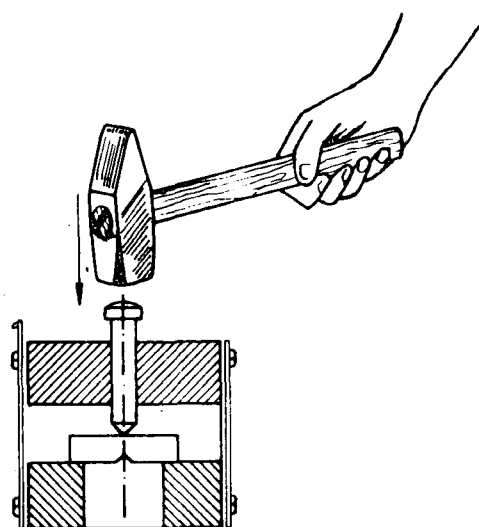


Fig. 3

#### PRECAUÇÃO

*USE EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA PARA EVITAR ACIDENTE AO FRATURAR O CORPO DE PROVAS.*

8º passo - *Desligue o sistema de aquecimento do forno.*

#### OBSERVAÇÃO

O forno deve permanecer aceso o tempo estipulado para o tratamento.

9º passo - *Feche a injeção da substância.*

OBSERVAÇÃO

A injeção deve ser fechada a temperatura requerida pelo tipo de substância utilizada.

10º passo - *Evacue os gases.*

11º passo - *Abra o forno.*

12º passo - *Retire as peças e esfrie-as lentamente.*

OBSERVAÇÃO

Quando se dispõe de uma câmara de difusão para efetuar o esfriamento, as peças devem ser transportadas para ela imediatamente, caso contrário, deixe-as esfriar no forno (fig. 4).

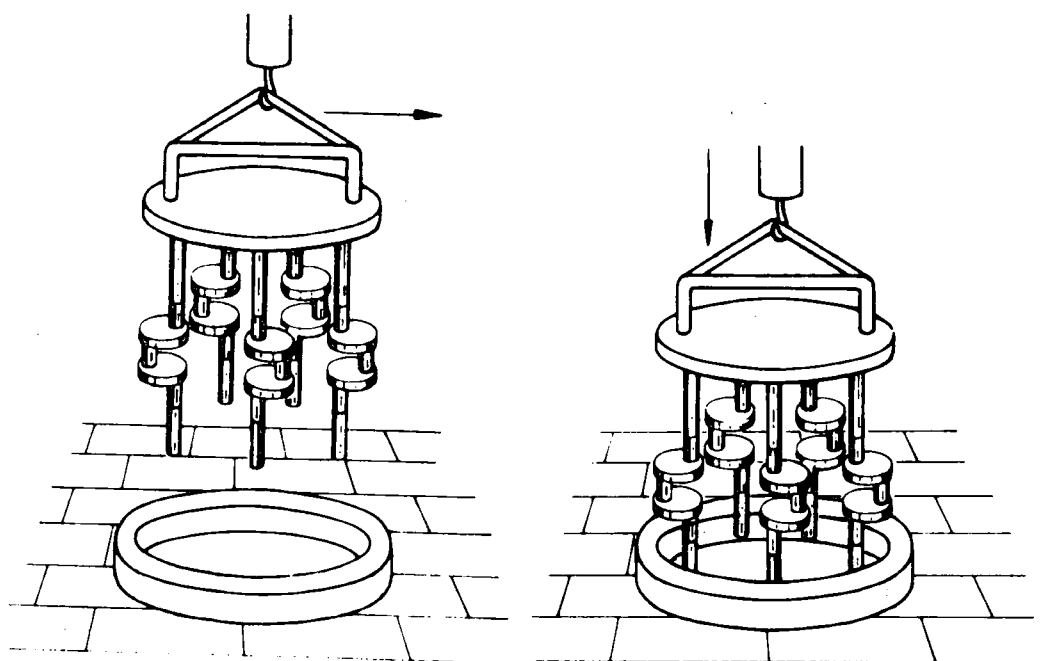


Fig. 4





Para realizar os tratamentos térmicos, utilizam-se fornos especialmente projetados, que permitem aquecer os materiais até as temperaturas requeridas para cada tratamento.

A fonte de calor é alimentada com energia elétrica ou por combustível; o controle e regulação de temperatura é feito mediante pirômetros e chaves que se acham acoplados ao forno.

Os principais tipos de fornos são: os elétricos, os de combustão e os especiais.

#### *FORNOS ELÉTRICOS*

Estão constituídos por uma câmara de aquecimento, ao redor da qual acham-se instaladas várias resistências elétricas, que fornecem o calor necessário para efetuar os tratamentos térmicos.

Existem duas classes de fornos elétricos: os de câmara ou mufla e os de banho com cadinho.

Nos fornos de câmara, as peças são colocadas diretamente dentro desta, e nos fornos de banho, submergem-se as peças em sais fundidos contidos pelo cadinho.

Geralmente nos fornos de câmara, a mesma é retangular ou abobadada, construída com material refratário resistente a altas temperaturas (grafita, carboneto de silício e outros tipos cerâmicos). Nos fornos de banho, o cadinho é de aço fundido (1006) ou aço especial para alta temperatura denominado aço refratário, sendo circular ou elíptico o formato de sua seção.

#### *FORNOS DE COMBUSTÃO*

O calor neste tipo de forno, consegue-se mediante a combustão de uma mistura de ar e combustível, a qual se efetua em um dispositivo especial denominado queimador.

O ar é insuflado a pressão por um ventilador e o combustível injetado por gravidade ou por bombeio desde o depósito. Os combustíveis mais usados são: Fuel Oil, Gás Oil e o Gás Natural.

São três os tipos de fornos de combustão mais usados: os de mufla, semi-mufla e verticais com cadinho para banho de sais.

Nos fornos de mufla o aquecimento é indireto e os produtos da combustão não entram em contato com as peças, sua atmosfera é pouco oxidante, melhora-se esta condição colocando-se dentro da mufla, junto ou por baixo ou envolvendo as peças a tratar com elementos de proteção como carvão, madeira, cavaco de ferro fundido, papel, ou outras substâncias carbonáceas.



Nos fornos de semi-mufla a chama não deve tocar as peças, porém os produtos de combustão sim; por este motivo a atmosfera destes fornos é oxidante, em especial à temperaturas elevadas.

Nos fornos verticais com cadinho para banho, o calor é transferido da fonte de calor para as peças submergidas nos sais fundidos, através destes e do cadinho; por este motivo o rendimento térmico nestes fornos é inferior aos de semi-mufla, porém sua atmosfera pode ser controlada quimicamente com certa precisão.

Tanto nos fornos de mufla, semi-mufla e os de banho estão providos de duas câmaras: uma denominada câmara de combustão, onde se inflama a mistura ar e combustível, e a outra recebe calor de câmara de aquecimento, porque nestes são aquecidas as peças que se vão tratar.

#### *FORNOS ESPECIAIS*

Para realizar alguns tratamentos térmicos, utilizam-se fornos equipados com dispositivos especiais, sendo os mais empregados os seguintes: fornos de elétrodo, fornos para tratamentos termoquímicos com gás e fornos de circulação forçada.

#### *FORNOS DE ELÉTRODOS*

Servem para fazer tratamentos em banho de sais, a temperaturas médias e elevadas.

Estão dotadas de três elétrodo, entre os quais se faz circular uma corrente elétrica através dos sais fundidos contidos no cadinho do forno; este desempenha a função de uma resistência elétrica.

Os elétrodo estão submergidos no banho e acham-se ligados a um transformador.

#### *FORNOS PARA TRATAMENTOS TERMOQUÍMICOS COM GÁS*

Servem para efetuar alguns tratamentos termoquímicos tais como: cementação, nitretação, carbonitretação com substâncias gasosas.

Estão providos de um sistema de preparação, controle, injeção e circulação dos gases, geralmente o aquecimento é conseguido por meio de resistências elétricas. Em certos fornos o calor é obtido por meio de combustão a gás.

#### *FORNO DE CIRCULAÇÃO FORÇADA*

Estão equipados com um ventilador acoplado na parte superior ou inferior da câmara de aquecimento, servindo para fazer circular o ar quente ao redor das peças que se estão tratando, conseguindo-se deste

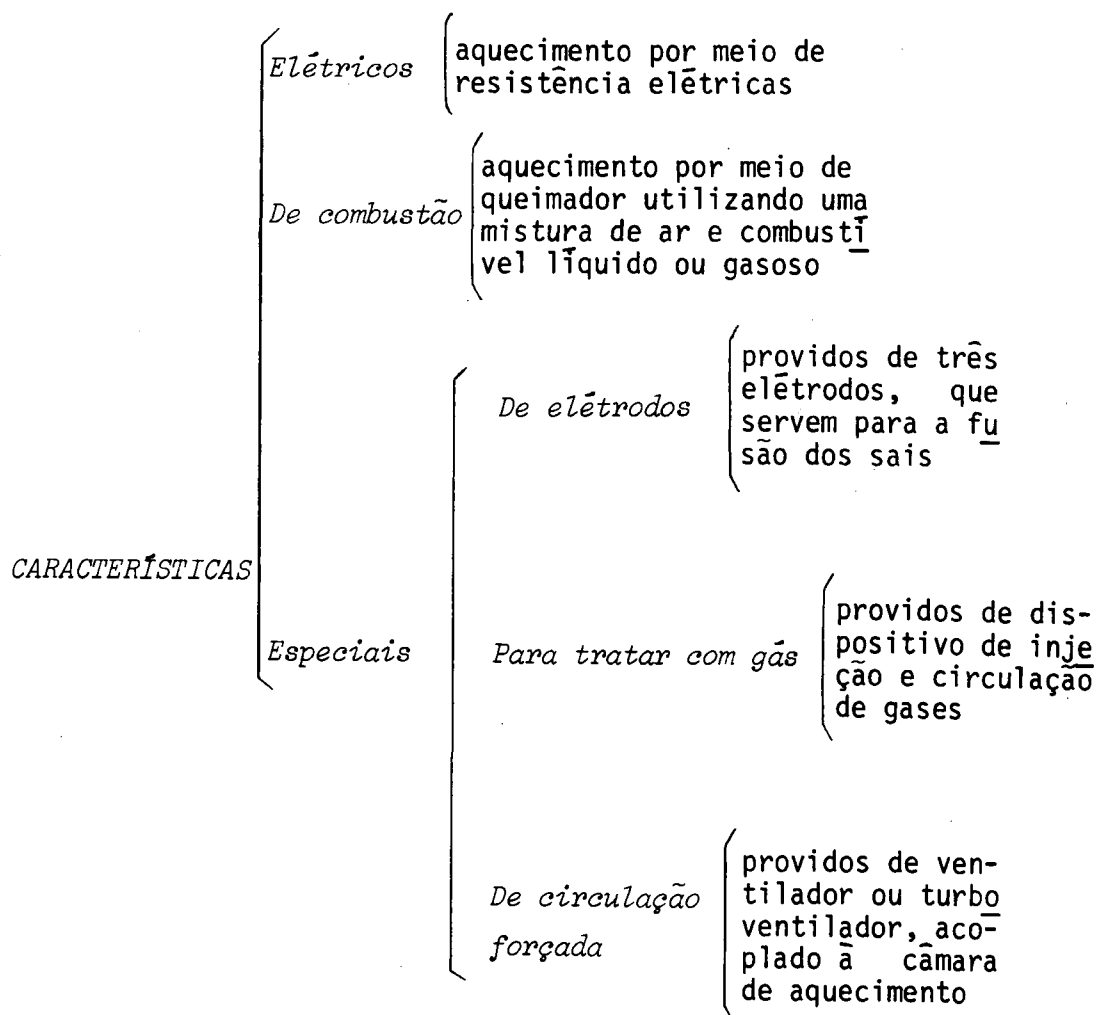
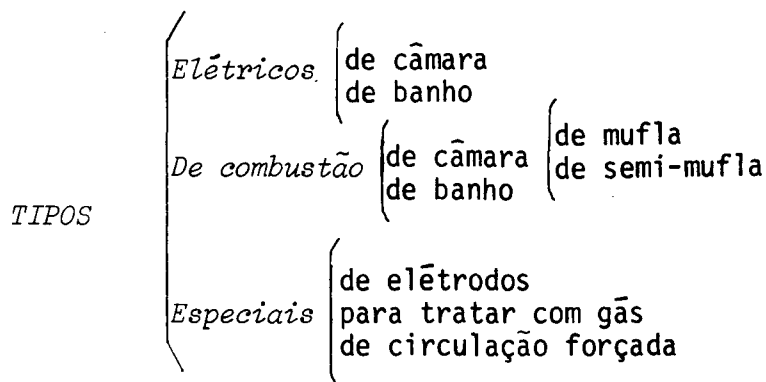




modo que a temperatura seja uniforme em todas as zonas do forno.  
O calor é proporcionado por meio de resistências elétricas, embora ultima-  
mente estejam empregando combustível gasoso em alguns tipos de fornos, modi-  
ficando por isso, certas características do mesmo.

# RESUMO

## FORNOS PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS







Estes fornos estão providos de um sistema de aquecimento elétrico incorporado à câmara, onde são colocadas as peças que vão ser aquecidas.

São muito usados em oficinas de tratamentos térmicos, devido à facilidade de manejo, uniformidade de aquecimento, precisão nas temperaturas que se deseja alcançar e na manutenção constante das mesmas.

Os mais comuns são os denominados de câmara e de banho de sais.

#### FORNOS DE CÂMARA

Empregam-se principalmente para realizar as operações de recozimento, têmpera e normalização sendo necessário proteger as peças contra a descarburização em caixas especiais.

#### FORNOS DE BANHOS DE SAIS

Usam-se, para efetuar tratamentos onde se requer uniformidade no aquecimento. Neste tipo de forno, os sais fundidos protegem diretamente a peça contra a decarbonização.

#### CONSTITUIÇÃO

Os fornos elétricos estão constituídos pelos elementos mostrados na figura 1.

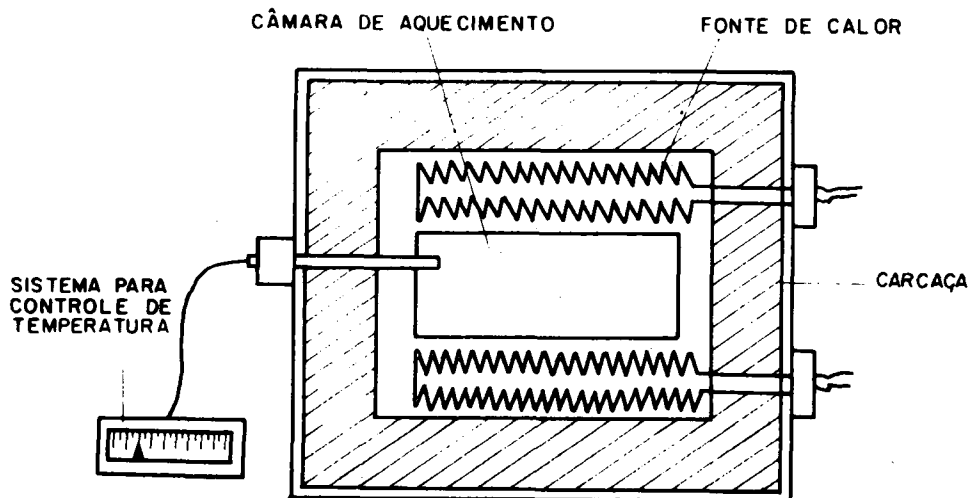


Fig. 1

#### Carcaça

É a parte exterior do forno construída em chapa de aço.

Interiormente leva um revestimento de material refratário que serve para evitar perdas de calor com o meio ambiente.

#### Fonte de calor

Nos fornos de câmara e nos de banho, a fonte de calor é constituída por um resistor alimentado por energia elétrica.

Os resistores são construídos de arame ou barras com uma liga de cromo-níquel, resistente a altas temperaturas ou com varetas refratárias, à base de silício ou carboneto de silício, achando-se localizada no interior da carcaça, em volta do cadinho ou cobrindo a superfície interna da câmara.

### *Câmara de aquecimento*

É o lugar onde se colocam as peças que vão ser tratadas termicamente. A câmara pode denominar-se mufla, fabricada em material refratário.

Os resistores elétricos estão instalados nas paredes laterais.

Geralmente o formato da câmara é retangular, normalmente com teto abobadado, suas dimensões variam segundo a capacidade do forno e a finalidade para a qual foi construída (fig. 2).

Nos fornos de banho esta câmara se denomina cadinho, o qual acha-se colocado na parte central do forno. É fabricado em aço refratário ou ferro fundido especial, e na maioria dos casos tem forma cilíndrica (fig. 3).

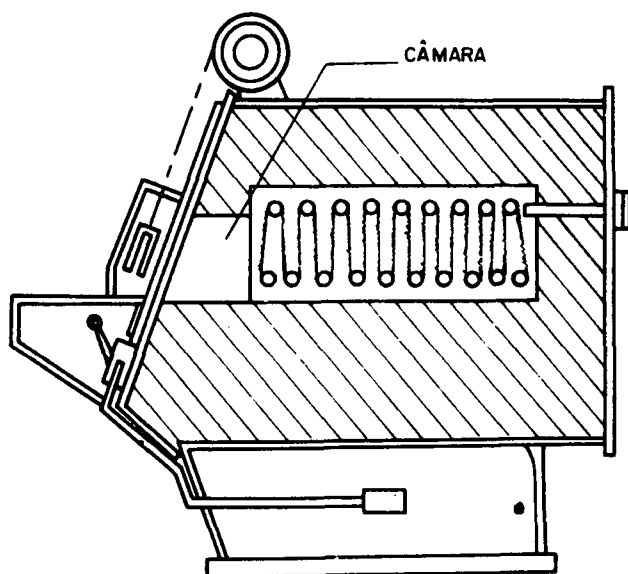


Fig. 2

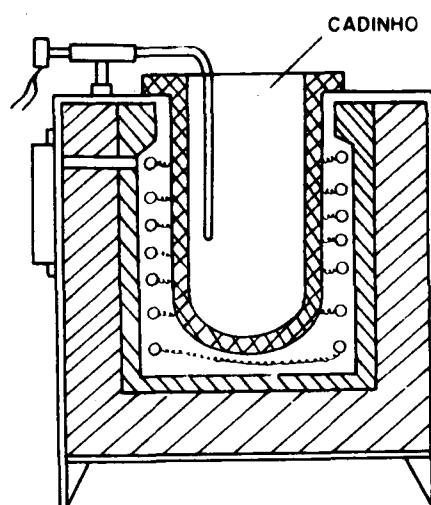


Fig. 3

### *Controle de temperatura*

Para controlar a temperatura da câmara de aquecimento utiliza-se um pirômetro. O termopar deste é introduzido na câmara ou no cadinho.

Nos fornos de câmara o mesmo é fixo situando na parte posterior ou superior da mufla em alojamento especial; em se tratando de fornos longos pode-se ter mais um termopar.

Nos fornos de banho, o termopar é colocado dentro do cadinho, apoiado em um dispositivo de fixação.



Os pirômetros termoeletricos são aparelhos usados para medir e controlar temperaturas geralmente compreendidas entre 100 e 1500°C. Utilizam-se nos fornos para tratamentos térmicos, caldeiras e em outros equipamentos industriais.

#### CONSTITUIÇÃO

Estes pirômetros (fig. 1) estão constituídos basicamente por um par termoeletrico, um fio de compensação e um aparelho indicador.

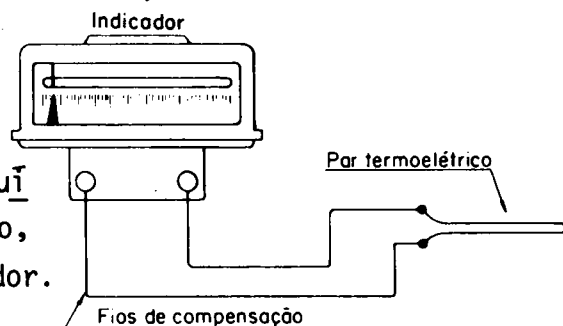


Fig. 1

#### O par termoeletrico

Está composto por dois arames metálicos de composição química diferente, soldadas em um de seus extremos e unidos ao fio de compensação no outro extremo (fig. 2).

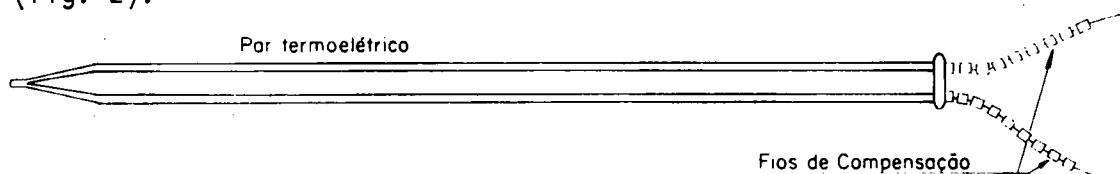


Fig. 2

Usualmente protege-se o par termoeletrico contra ruptura e ataques de gases ou outros materiais destrutivos, colocando-o dentro de um tubo de proteção, (fig. 3) o qual é construído com materiais metálicos ou refratários.

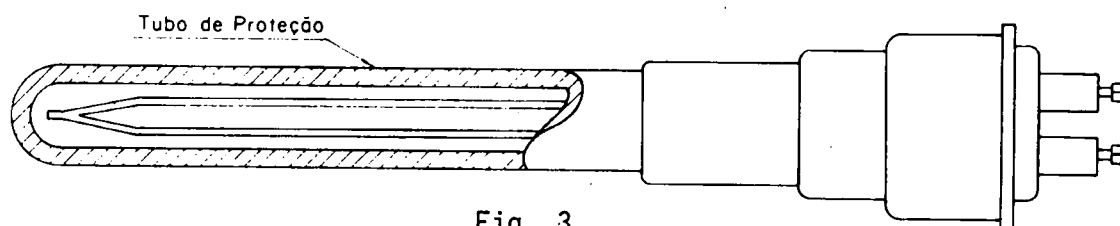


Fig. 3

#### Os fios de compensação

São fios que servem para ligar o par termoeletrico ao aparelho indicador; são feitos de materiais especiais que evitam erros e variações na medição da temperatura.

#### O aparelho indicador

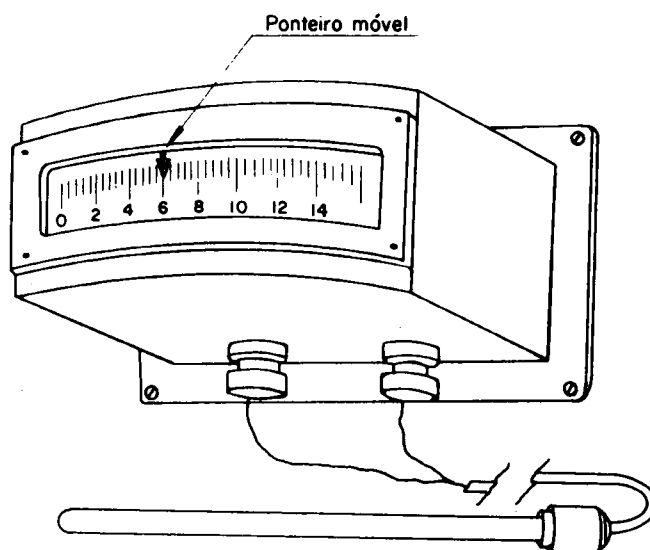
Essencialmente, são constituídos por um instrumento elétrico de medição que serve para registrar a temperatura.

As leituras são feitas observando-se um ponteiro indicador móvel que se desloca sobre uma escala graduada.

### TIPOS DE PIRÔMETROS

Existem basicamente dois tipos de pirômetros termoeletricos, o simples e os automáticos, nos quais os aparelhos medidores são os únicos elementos que os diferenciam.

*Pirômetro termoeletrico simples (fig. 4).*



O aparelho indicador registra unicamente as temperaturas.

*Pirômetro termoeletrico automático (fig. 5).*

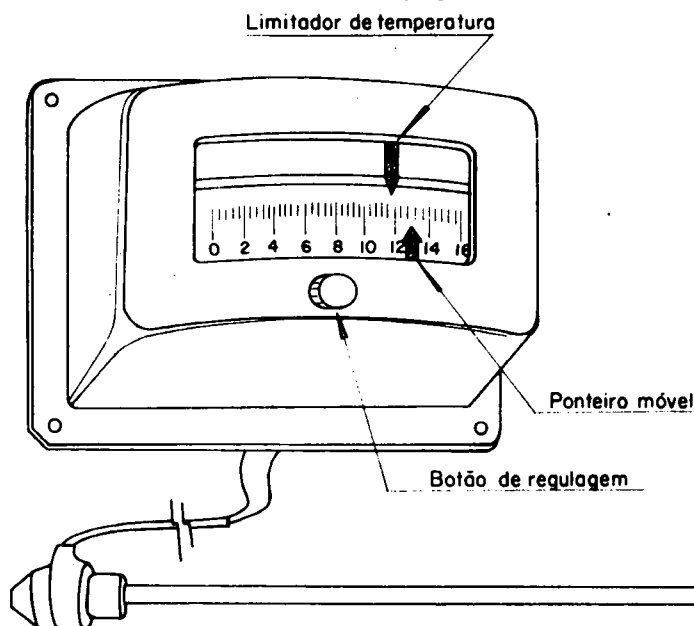


Fig. 5

Estes pirômetros levam incorporados ao aparelho indicador, um regulador de temperatura.

Este aparelho tem dois ponteiros móveis; um deles determina a temperatura e o outro funciona como limitador.

O controle de temperatura é automático e a seleção de valores na escala graduada, é feito acionando o botão de regulagem que desloca o ponteiro limitador. Este tipo de indicador também denomina-se regulador automático de temperatura.



#### *FUNCIONAMENTO*

Quando os extremos soldados do par termoeletrico se aquecem ao entrar em contato com uma fonte de calor, forma-se uma corrente elétrica entre os dois arames soldados. Esta corrente elétrica é conduzida através do fio de compensação até o aparelho indicador, onde o ponteiro móvel, desloca-se sobre a escala de temperaturas.

O deslocamento do ponteiro sobre a escala de temperaturas é maior, quanto maior for a temperatura da fonte de calor medida. A corrente elétrica gerada é diretamente, proporcional à temperatura do par termoeletrico.

#### *CONDIÇÕES DE USO*

Os pirômetros devem ser montados em lugar que não sejam afetados por vibrações, calor de outros fornos ou por peças quentes.

Deve-se ainda comprovar que os terminais dos fios de compensação estejam firmemente fixados nos bornes do indicador de temperaturas.

#### *OBSERVAÇÃO*

Existem pirômetros termoeletricos automáticos com registrador gráfico. Os mais utilizados nas oficinas de tratamento térmico são os automáticos devido que com eles obtém-se um controle e regulação permanente na temperatura.





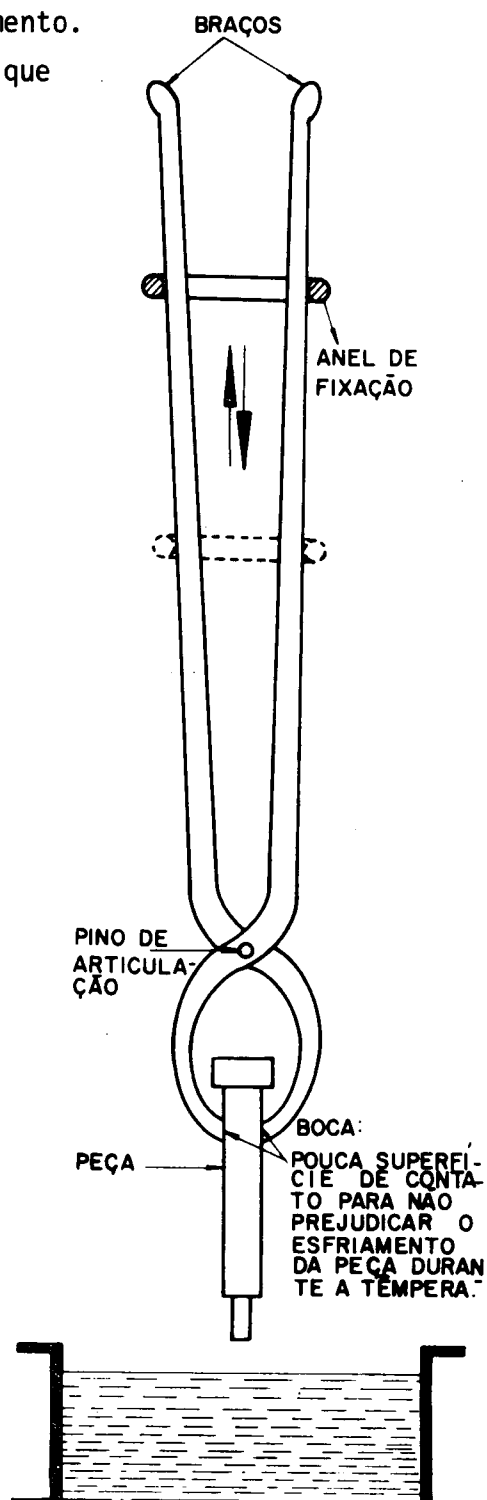
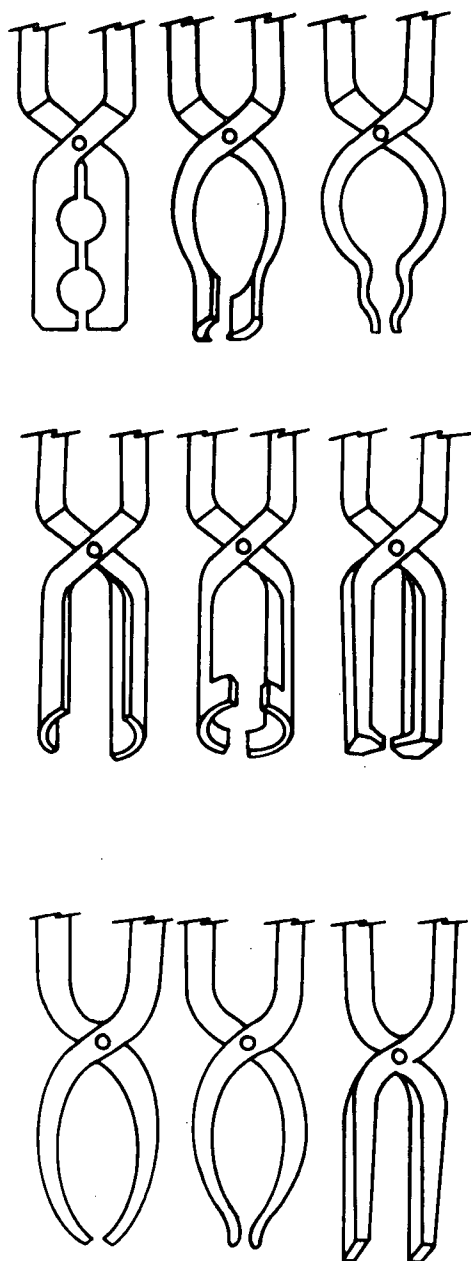
Para facilitar a execução das tarefas nas oficinas de tratamento térmico, em pregam-se elementos que permitem mover ou transportar peças ou materiais, sendo os mais comuns: as tenazes, ganchos, colheres, caixas, dispositivos de guia, fixação e de têmpera.

#### TIPOS E CARACTERÍSTICAS

##### Tenazes

São utensílios construídos em aço, constituindo-se de uma boca e dois braços. Usa-se para manipular as peças, quando estas são introduzidos ou tirados dos fornos, ou dos banhos de esfriamento.

As tenazes caracterizam-se pelas formas que apresenta a boca (fig. 1).



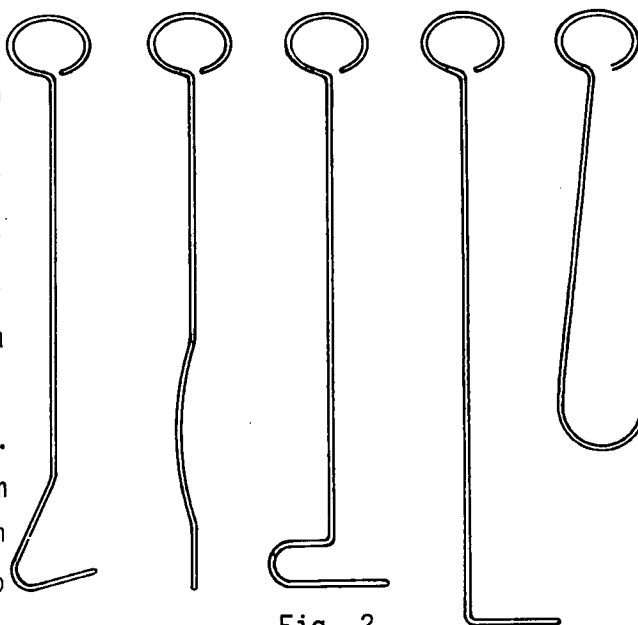
Esta pode ser quadrada, redonda ou plana, segundo o tipo de peças que se de seja fixar. A boca da tenaz deve estar bem conformada, para assegurar uma fixação firme das peças, evitando marcá-las, além de permitir que o líquido de têmpera tome contato com toda a superfície da peça.

Os braços têm diferentes tamanhos servindo para evitar que a pessoa que esteja manipulando as peças, não sofra queimaduras ou acidentes provocados por um contato direto com o corpo quente. Em torno dos braços coloca-se um anel de fixação, que permite à boca fechar-se sobre a peça fixando-a firmemente, isto é, deslocando o anel ao longo dos braços.

#### *Ganchos*

Estes elementos construídos de aço de baixo teor de carbono tem em seus extremos curvados de forma a ajustar-se às mãos. O outro extremo é dobrado ou curvado de maneira a poder pegar ou sustentar peças especialmente quando estas estejam amarradas com arame (fig. 2).

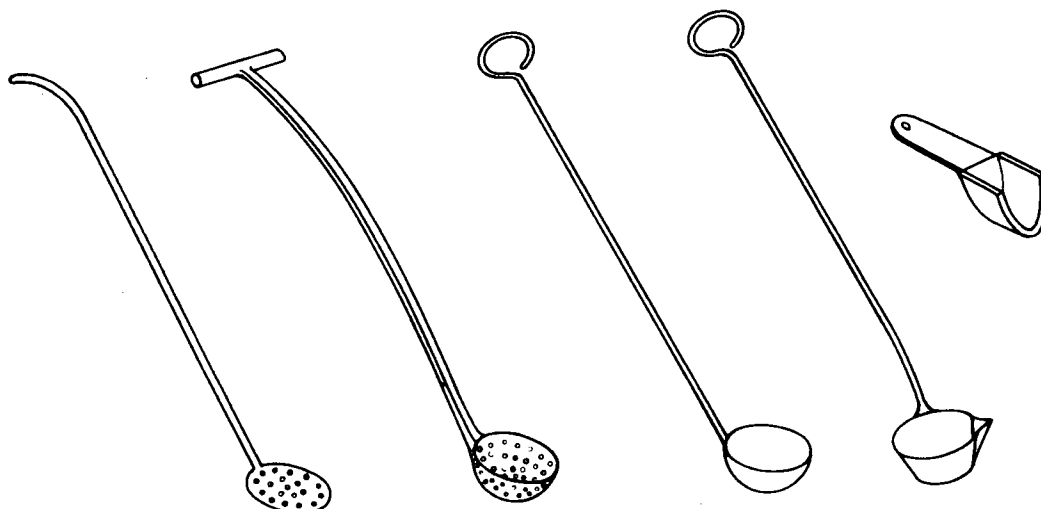
As dimensões dos ganchos variam. Normalmente medem de 0,30 a 1,50 m de comprimento e suas pontas possuem formas e dimensões diversas de acordo com as necessidades.



**Fig. 2**

#### *Colheres*

As colheres servem para colocar e retirar os sais ou remover escórias dos cadinhos nos fornos de banho. Estão construídas em aço, tendo diversas formas e tamanhos, como se observa na figura 3.



**Fig. 3**

As colheres usadas para remover escórias são perfuradas apresentando a forma de concha ou escumadeira. As colheres para manipular sais têm, as vezes, o cabo a 90° em relação ao bico da colher para facilitar o seu manejo. Estes elementos mencionados podem ser considerados como alavancas.

#### *Caixas*

Na cementação com substâncias sólidas ou nos tratamentos onde haja necessidade de proteger as peças contra a descarbonização, estas são colocadas em caixas de aço comum com baixo teor de carbono, ou aço inoxidável, antes de introduzidas no forno.

Usam-se diversas formas e tamanhos de caixas, sendo as mais comuns as de forma retangular ou circular (fig. 4). Para facilitar a penetração do calor e uniformidade de temperatura é conveniente que as caixas se apoiem sobre pernas, para manter o fundo das mesmas separado da soleira do forno uns 20 a 30 mm aproximadamente. Todas as caixas devem estar providas de uma tampa a qual permite fechá-las hermeticamente.

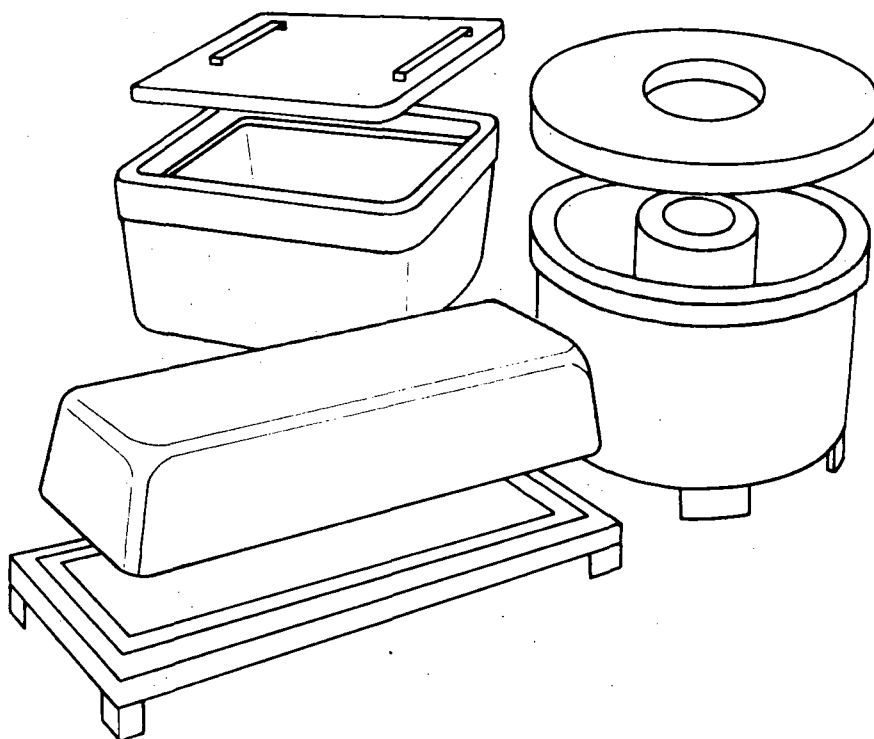


Fig. 4

#### *Dispositivos de guias e fixação*

As peças que vão ser tratadas termicamente em fornos de banho ou de atmosfera gasosa, são colocadas em dispositivos especiais que têm por objetivo fixá-las e posicioná-las, para evitar deformação durante o aquecimento ou esfriamento.

Existem diversos tipos de dispositivos de fixação, de acordo com as formas e as dimensões das peças que se vão colocar nele, e segundo o tipo de forno utilizado no tratamento (fig. 5).

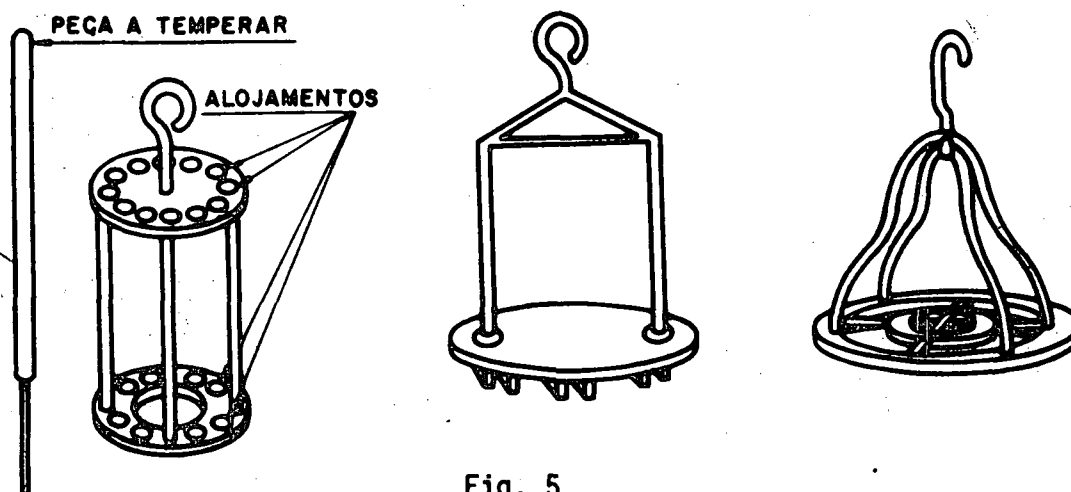


Fig. 5

Nos fornos de atmosfera gasosa, os dispositivos de fixação das peças, geralmente, são apoiados sobre um suporte-guia que a câmara do forno possui. Em alguns casos, o mesmo dispositivo de fixação que se utiliza para o aquecimento serve para o esfriamento; nestes casos, submerge-se todo o conjunto no banho; em outros casos, utilizam-se outros dispositivos unicamente para esfriar, como por exemplo a prensa "Klingelnberg", que comprime as peças mediante matrizes com orifícios ou ranhuras pelas quais injeta-se uniformemente o fluido de refrigeração. Este sistema é usado para evitar deformações em peças seriadas. Existem também outros dispositivos, utilizados sempre para alcançar os mesmos objetivos ou outros como por exemplo: têmpera seletiva, diferentes durezas por zonas etc (fig. 6).

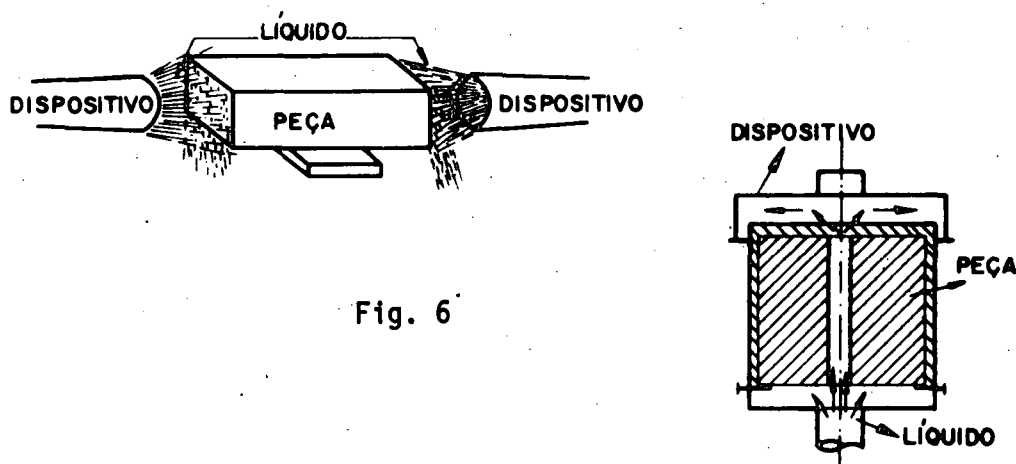


Fig. 6

Geralmente, se utilizam para tratar termicamente peças, que requerem: aquecimento a temperaturas média e elevadas, proteção contra a descarbonização, ou tratamentos termoquímicos.

Estão providos de três elétrodo que servem para fundir os sais que contêm o cadinho, a corrente elétrica circula pelos elétrodo através dos sais fundidos, os quais substituem o resistor elétrico.

#### CONSTITUIÇÃO

As principais partes constitutivas destes fornos são as que mostram a figura 1.

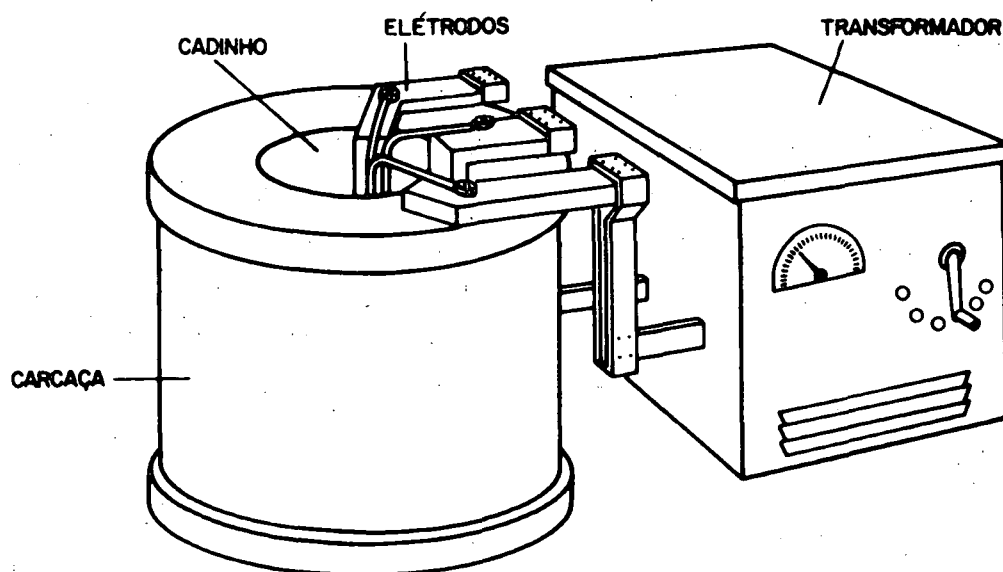


Fig. 1

#### *Carcaça*

É a parte exterior do forno, está formada por uma parede, construída em chapa de aço revestida inteiramente por material refratário.

#### *Cadinho*

É o lugar onde são colocados os sais do banho e as peças que irão receber o tratamento térmico.

Existem cadinhos de aço inoxidável ou aço fundido especial e sua forma pode ser retangular ou circular, sendo esta última a mais generalizada.

#### *Elétrodos*

O forno funciona com três elétrodos principais, que se acham colocados dentro do cadinho, estando ligados com a fonte de energia elétrica.

Conta ainda com outros três elétrodos adicionais de menor tamanho denominados elétrodos de iniciação que acoplam na parte superior dos elétrodos principais; sua função é dar início a fusão dos sais.



Os elétrodos são construídos em aço resistente a altas temperaturas e a ação corrosiva dos banhos de sais.

#### *Transformador*

Utiliza-se para regular a tensão e a intensidade da corrente elétrica utilizada, de acordo com os valores necessários para fundir os sais dentro do ca dinho.

Geralmente os transformadores são trifásicos e levam incorporados um selector regulável, que permite variar a intensidade da corrente, para obter-se a temperatura requerida para o tratamento a realizar. Um amperímetro indica esta intensidade de corrente.

#### *FUNCIONAMENTO*

A fusão dos sais que se tenha colocado no cadinho, inicia-se por meio da corrente que se faz passar entre os elétrodos de iniciação. Como estes encontram-se a curta distância um do outro, depois de iniciar a fusão dos sais frios com um maçarico, esta se efetua com facilidade. Quando a liquefação é total, retira-se os elétrodos de iniciação, permanecendo ligados os elétrodos principais ao transformador; a passagem da corrente elétrica en tre os mesmos é feita através dos sais do banho, mantendo-se durante toda a operação.

#### *CONDIÇÕES DE USO*

- Tanto os elétrodos principais como os de iniciação devem estar firmemente ajustados, ao dispositivo de fixação dos mesmos.
- Quando se iniciam a fusão dos sais que se encontram frios, é conveniente fazê-lo por meio de um maçarico ou por um disco de carvão, colocando-o entre os elétrodos de iniciação an tes destes serem ligados à corrente elétrica.

#### *PRECAUÇÃO*

OS GASES DESPRENDIDOS AO AQUECER-SE OS SAIS A ALTAS TEMPERATURAS DEVE-SE ELIMINAR COM EXAUSTOR, PORQUE SÃO NOCIVOS, ESPECIALMENTE NAQUELES BANHOS QUE CONTENHAM CIANETOS.

#### *VANTAGENS*

As principais vantagens que oferecem os fornos de elétrodos são: rapidez na operação, uniformidade de aquecimento e um acabamento superficial das peças tratadas.

São aparelhos que servem para determinar altas temperaturas com base na energia que se irradia dos corpos quentes.

Estes pirômetros são utilizados na indústria metalúrgica e nas oficinas de tratamentos térmicos, quando se quer controlar e realizar medições de temperaturas superiores a  $600^{\circ}\text{C}$ .

#### TIPOS

Existem vários tipos de pirômetros de irradiação, sendo os mais usados o de irradiação total e o óptico de desaparecimento de filamento.

#### PIRÔMETROS DE IRRADIAÇÃO TOTAL (FIGS. 1 e 2)

Estes aparelhos compõem-se de três partes essenciais: um dispositivo de concentração de irradiações, um fio de compensação e um aparelho indicador de temperaturas. Nos pirômetros portáteis, o aparelho indicador e o fio de compensação estão incorporados ao dispositivo de concentração.

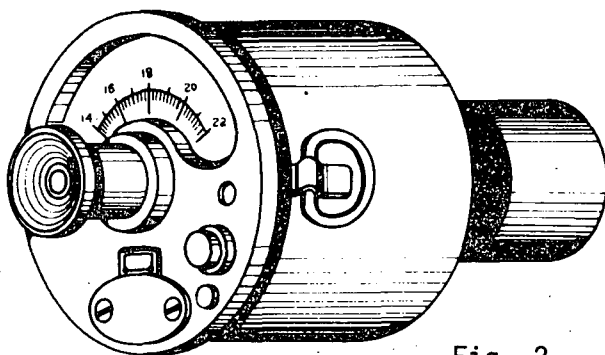


Fig. 2

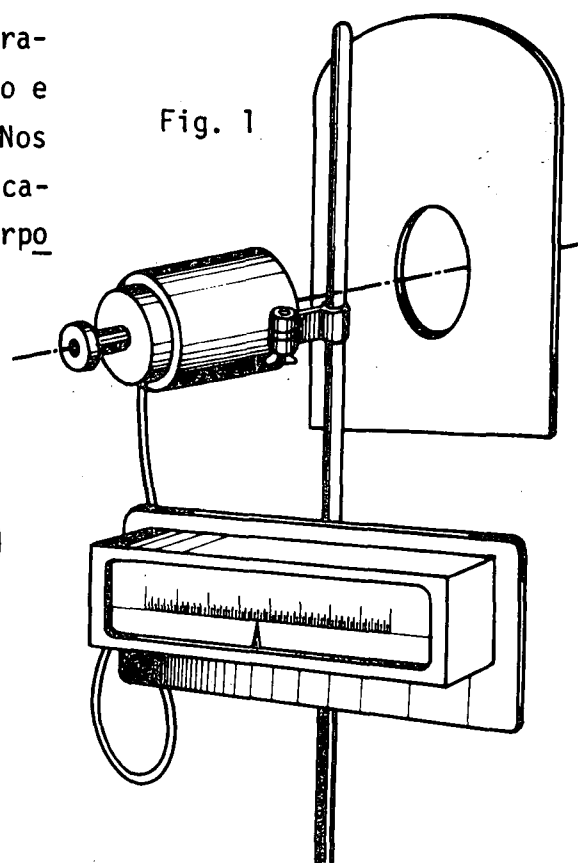


Fig. 1

#### CONSTITUIÇÃO

O dispositivo de concentração (fig. 3) está constituído pelos seguintes elementos:

- 1- OCULAR
- 2- PAR TERMOELÉTRICO
- 3- OBJETIVA
- 4- BORNES
- 5- SUPORTE

#### Ocular

Tem forma cilíndrica; em seu interior leva uma lente e um filtro que servem para enfocar a fonte de calor que se deseja medir.

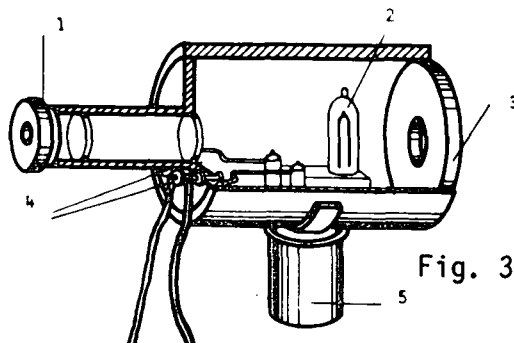


Fig. 3

### *O par termoeletrico*

Está composto por dois fios especiais soldados em um dos extremos, os quais encontram-se protegidos em vácuo em uma ampola de vidro.

### *A objetiva*

Está constituída por uma lente, sendo a parte por onde penetram as irradiações emitidas pela fonte de calor.

### *Os bornes*

São os elementos de fixação, que ligam os terminais do par termoeletrico com os fios de compensação.

### *O suporte*

É o dispositivo de fixação de todo o conjunto.

Tem uma articulação que permite movimentar em várias direções.

### *Fios de compensação*

São condutores especiais entre o dispositivo de concentração e o aparelho indicador; servem para conduzir a corrente gerada pelo par termoeletrico.

### *Aparelho indicador*

É um instrumento elétrico utilizado para registrar as temperaturas, estando provido de uma escala graduada e um ponteiro móvel.

### *FUNCIONAMENTO*

Todos os pirômetros de irradiação total operam concentrando a energia radiante dos corpos, mediante uma lente chamada objetiva. A irradiação emitida pelo corpo enfoca-se sobre o par termoeletrico, o qual ao receber as irradiações aquece-se, gerando uma força eletromotriz; esta é conduzida por um fio de compensação até o aparelho indicador, onde o ponteiro marca a temperatura do corpo quente que se tenha enfocado.

### *OBSERVAÇÃO*

Existem outros pirômetros de irradiação total que não utilizam uma lente como elemento de concentração das irradiações, mas sim um espelho côncavo, cujo funcionamento é similar aos anteriores.

### *PIRÔMETRO ÓPTICO DE DESAPARECIMENTO DE FILAMENTO (FIG. 4)*

Estes aparelhos estão constituídos pelas seguintes partes:

- |                        |               |
|------------------------|---------------|
| 1 OCULAR               | 4 AMPERÍMETRO |
| 2 LÂMPADA DE FILAMENTO | 5 BATERIA     |
| 3 CUNHA ÓPTICA MÓVEL   | 6 OBJETIVA    |

### *Ocular*

Está composto por uma lente e um filtro e serve para observar a intensidade luminosa do filamento e do objetivo que se tenha enfocado.

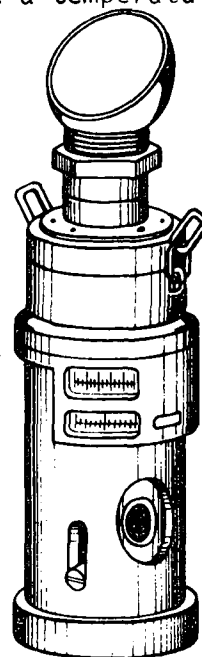
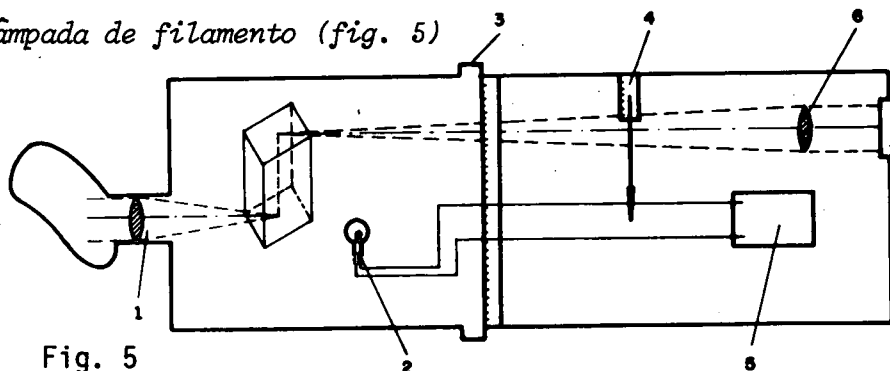


Fig. 4



Lâmpada de filamento (fig. 5)



Acha-se ligada a uma bateria e seu filamento se utiliza como referência padrão, para comparar a luminosidade do mesmo com o objeto, do qual se deseja determinar sua temperatura.

#### *Cunha óptica*

É um disco que serve para modificar a intensidade observada, procedente do corpo quente. A modificação da intensidade é conseguida fazendo-se girar o disco.

Esta cunha está acoplada a escala de temperatura.

#### *Amperímetro*

Está incorporado ao corpo do pirômetro e serve para registrar a corrente elétrica que chega à lâmpada, proveniente da bateria.

#### *Bateria*

É a fonte de energia elétrica que alimenta a lâmpada de filamento.

#### *Objetiva*

Está composta por uma lente e um vidro protetor; é a parte do pirômetro por onde penetram os raios luminosos do corpo quente.

#### *FUNCIONAMENTO*

A medição da temperatura neste aparelho realiza-se comparando a intensidade luminosa do filamento da lâmpada incorporada ao pirômetro, com a luminosidade do corpo cuja temperatura se quer medir.

A medição é feita enfocando o corpo aquecido, fazendo passar uma corrente elétrica através da lâmpada, isto se consegue acionando o interruptor.

Para determinar a temperatura aciona-se a cunha óptica, variando a intensidade luminosa observada, até conseguir que a imagem do objeto e a do filamento padrão tenham a mesma luminosidade entre si.

No momento em que isto é conseguido, a imagem observada através da ocular apresenta o aspecto da figura 6 na escala indicadora, que possui o disco ou cunha óptica; sobre sua periferia pode-se ler a temperatura correspondente.

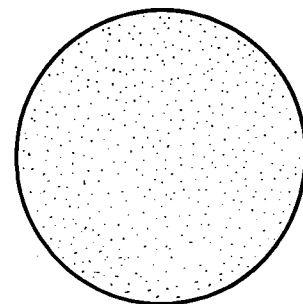


Fig. 6

Se a temperatura indicada é baixa, vê-se como indica a figura 7.

Se a temperatura indicada é alta, vê-se como indica a figura 8.

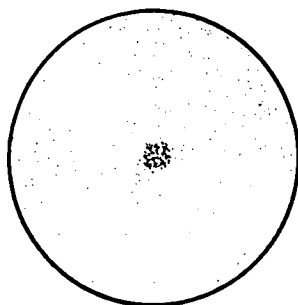


Fig. 7

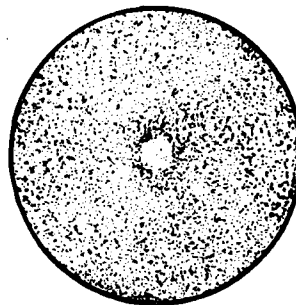


Fig. 8

### OBSERVAÇÃO

Utilizam-se também outros pirômetros ópticos de desaparecimento de filamento, nos quais para determinar a temperatura não se usa uma cunha óptica, e sim um dispositivo elétrico que permite aumentar ou diminuir o brilho do filamento da lâmpada.

### CONDIÇÕES DE USO

As lentes dos pirômetros devem estar completamente limpas, antes de serem usadas.

Por serem aparelhos delicados, o manejo dos pirômetros deve ser feito com cuidado.

### RESUMO

#### PIRÔMETROS DE IRRADIAÇÃO

##### *Uso*

Para medir altas temperaturas.

##### *Características*

Tem um sistema de observação óptica, para enfocar a fonte de calor.

A medição da temperatura é conseguida sem necessidade de que o aparelho tenha contato com o corpo quente.

##### *Radiação total*

Portáteis: usam-se para medições periódicas de temperaturas.

Fixos: utilizam-se para trabalhos contínuos.

#### TIPOS MAIS USADOS

##### *Desaparecimento de filamento*

Com cunha óptica: modifica-se a intensidade observada, mediante o acionamento de um disco.

Com dispositivo elétrico: modifica-se o brilho do filamento.

Os fornos de combustão estão dotados geralmente de duas câmaras, em uma delas colocam-se as peças e na outra que é menor realiza-se a combustão, mediante um queimador que mistura ar e combustível em proporções determinadas para inflamá-la, produzindo o calor necessário para os distintos tratamentos térmicos.

Existem dois tipos de fornos de combustão: os de câmara e os de banho de sais.

#### CARACTERÍSTICAS

##### *Fornos de câmara*

Podem ser de mufla ou semi-mufla. Os de mufla (fig. 1) caracterizam-se por estarem dotados de uma câmara de aquecimento, construída com material refratário de boa condutibilidade térmica, resistência mecânica e a oxidação a temperaturas elevadas. Serve para colocar as peças que vão tratar termicamente; deste modo as peças ficam isoladas dos gases da combustão.

Os fornos de semi-mufla são parecidos aos de mufla, porém a câmara de combustão comunica-se com a de aquecimento, por meio de aberturas ou canais. Os gases da combustão propagam seu calor diretamente para as peças e para as paredes do forno.

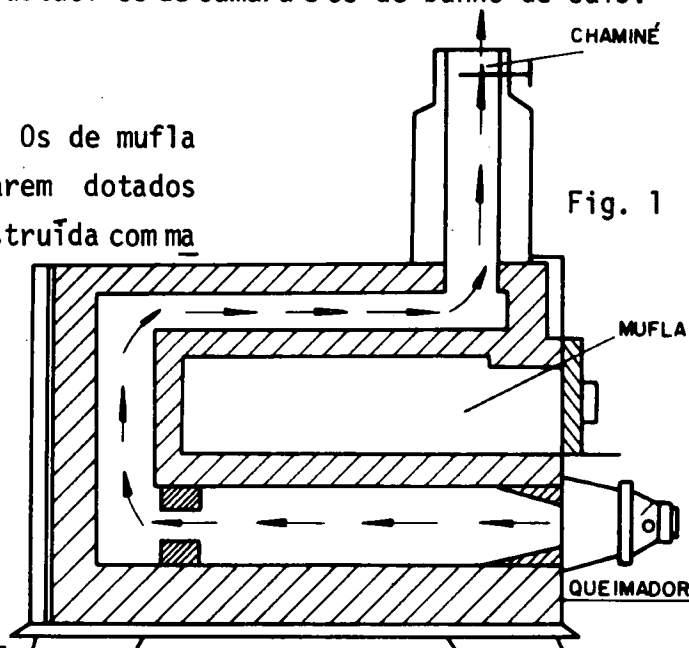


Fig. 1

#### CONSTITUIÇÃO

Os fornos de câmara estão constituídos pelas seguintes partes (fig. 2).

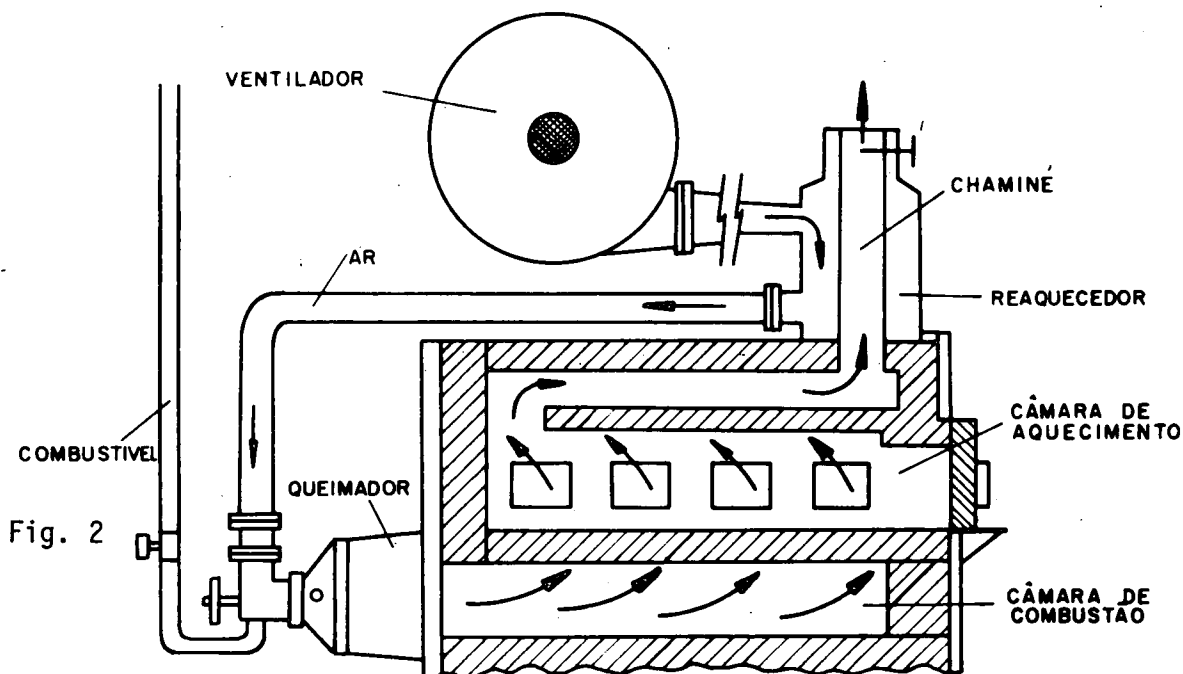


Fig. 2

### *Câmara de combustão*

Geralmente esta câmara encontra-se situada na parte inferior da câmara de aquecimento.

### *Câmara de aquecimento*

É o lugar onde se coloca as peças que vão ser tratadas termicamente. Está provida de uma tampa que permite mantê-la fechada durante a operação. Esta câmara leva ainda incorporada, o par termoeletrico de um pirômetro que indica a temperatura de trabalho.

### *Chaminé*

É um tubo cilíndrico situado na parte superior do forno ligado com a câmara de aquecimento (fornos de semi-mufla) ou com a câmara de combustão (fornos de mufla). Serve para desalojar os gases produzidos na combustão, fazendo-os circular pelos canais, condutores e zonas do forno, de acordo com as necessidades de distribuição de calor, necessidades estas levadas em conta ao projetar e calcular o forno.

### *Reaquecedor de ar.*

É a parte exterior da saída de fumaça. Está acoplada a dois tubos que conduzem o ar proveniente do ventilador. Facilita a combustão e aumenta o rendimento térmico do forno. Pode-se também pré-aquecer o combustível, especialmente os pesados e viscosos como o fuel-oil, os óleos e o petróleo.

### *Ventilador*

Utiliza-se este aparelho para insuflar o ar no queimador do forno. A potência do ventilador depende do tamanho do forno.

### *Queimador*

É a parte do forno onde se misturam o ar e o combustível.

Existem três tipos principais: de alta pressão, baixa pressão e combinados. Em geral todos têm (fig. 3):

- Um condutor central para combustível.
- Um condutor tubular cilíndrico rodeando a parte central.
- Uma zona de mistura, que pode estar localizada no próprio queimador, ou na câmara de combustão do forno.

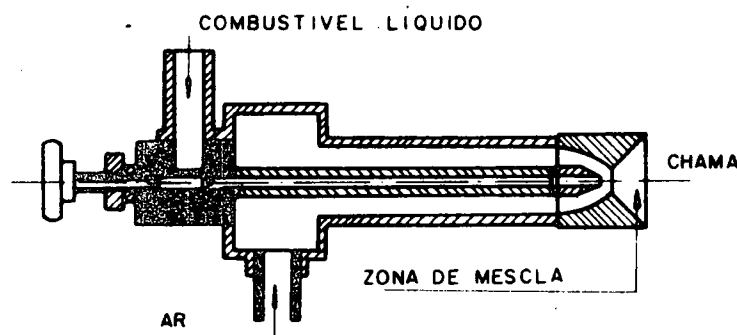


Fig. 3

A forma dos condutores (em certas partes alargadas ou estranguladas e alguns com paredes nervuradas em hélice) tende a produzir turbulência com o objetivo de dividir o jato de combustível em gotículas microscópicas suspensas na massa de ar injetado, em relações normais de 72,2 a 96,3 metros cúbicos de ar por quilograma de combustível líquido.

#### REGULAÇÃO DA MISTURA

Realiza-se mediante os registros de ar e combustível para obter a temperatura desejada (aumentando ou diminuindo a quantidade de combustível e ar) e/ou para obter a atmosfera oxidante do forno, neutra ou redutora (aumentando a proporção de uma em relação a outra). Ainda que as duas últimas não se consigam nos fornos de semi-mufla comum, para aproximar-se de uma atmosfera neutra, a chama que aparece pela chaminé do forno deve ser curta, alaranjada, não muito rígida e não apresentando fumaça preta. A câmara de trabalho não deve estar inundada por chamas e nem fumaça preta durante o aquecimento das peças, somente podem aparecer pequenas e muito curtas chamas e alaranjadas. (nos fornos de semi-mufla).

#### OBSERVAÇÃO

Alguns fornos de semi-mufla são construídos com outra câmara por cima da primeira, aproveitando para seu aquecimento os gases quentes provenientes do recinto inferior. A câmara superior pode ser usada para pré-aquecer e a inferior para temperar (fig. 4).

#### FORNOS DE SEMI-MUFLA

##### Vantagens

- Fácil de manejar.
- Bom rendimento térmico.
- É ágil pode subir ou baixar sua temperatura em tempos relativamente curtos.

##### Desvantagens

- Atmosfera oxidante.
- Na câmara existe quase sempre zonas mais quentes que outras (geralmente a zona do meio tem uma temperatura superior a dos extremos). A zona próxima da porta é apreciavelmente mais fria que o resto.

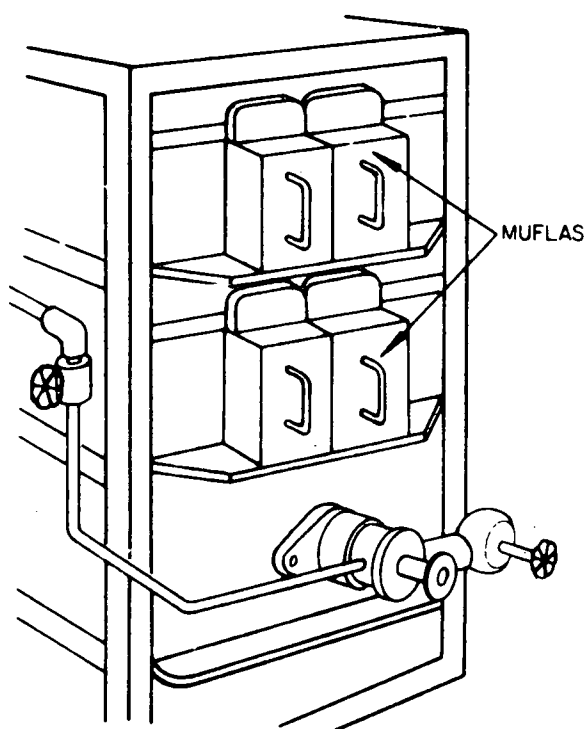


Fig. 4

### FORNO DE MUFLA

#### *Vantagens*

Se o forno foi bem projetado e funciona bem, a temperatura será forme em todas as zonas da câmara.

A atmosfera pode ser controlada com facilidade devido a ausência de gases e de ar (somente o que provém da porta quando esta é aberta ou quando fecha-se mal, o qual soluciona-se estendendo substâncias carbonáceas na soleira da câmara).

#### *Desvantagens*

Baixo rendimento térmico. O calor deve atravessar as paredes da mufla, para atingir as peças e aquecê-las para tratar.

Leva mais tempo que o forno de semi-mufla para elevar ou baixar a sua temperatura.

Sua construção é cara porque a mufla deve ser construída com materiais refratários especiais e de alta qualidade.

### FORNOS PARA BANHO DE SAIS

Os fornos para banho de sais estão constituídos por elementos similares aos descritos para o forno de câmara, sendo sua principal diferença o cadinho construído em aço refratário (inoxidável) ou fundição de ferro especial (ferro cromo, ferro ARMC0,...). Encontra-se dentro da câmara de combustão, tendo a forma de recipiente geralmente acilindrado, o qual é rodeado circularmente pelas chamas provenientes do queimador, escapando em seguida pela chaminé.

As partes constitutivas de um forno deste tipo são as indicadas na figura 5.

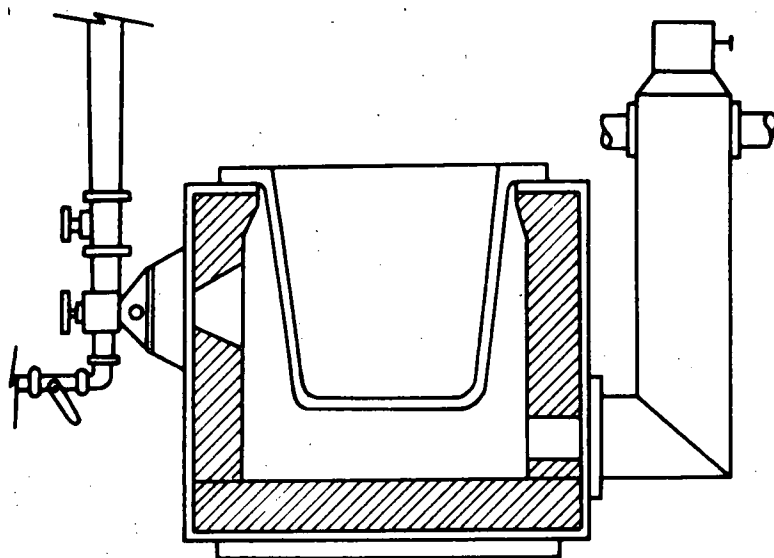


Fig. 5

**OBSERVAÇÃO**

Existem também fornos de banho de sal nos quais acham-se acoplados uma câmara de pré-aquecimento, que funciona aproveitando os gases que saem da câmara de combustão (fig. 6).

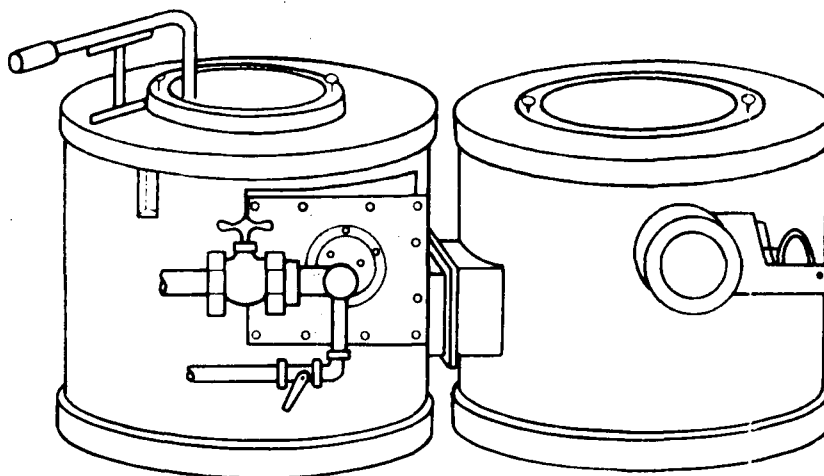


Fig. 6





Os ensaios de dureza Rockwell, Brinell e Vickers, são executados utilizando em máquinas de diversos tipos, que permitem que uma carga aplicada sobre um penetrador atue sobre o material a ensaiar.

#### CONSTITUIÇÃO

As máquinas de ensaio de dureza são constituídas basicamente por 4 elementos (fig.1).

- 1) Cargas e seu mecanismo de aplicação
- 2) Suporte e elevador das peças.
- 3) Dispositivo de penetração.
- 4) Aparelho de medição e leituras.

#### MECANISMO DE APLICAÇÃO DE CARGAS

Está constituído por dispositivos especiais que servem para selecionar as cargas e para aplicá-las sobre o penetrador.

Segundo o tipo de máquina, as cargas podem atuar acionando um sistema mecânico ou hidráulico.

No primeiro caso os diferentes pesos estão colocados em um extremo do mecanismo e a seleção é feita manualmente ou mediante um seletor; no segundo caso selecionam-se as cargas, controlando-as mediante um manômetro. Um amortecedor hidráulico pode regular a velocidade de aplicação.

#### SUORTE E ELEVADOR DAS PEÇAS

É a parte da máquina onde são colocadas as peças a ensaiar; geralmente consta de 3 partes: suporte, elevador e volante.

O suporte situado na parte superior do conjunto é intercambiável, tendo diferentes formas e tamanhos, de acordo com o tipo de peças a ensaiar.

O elevador é um fuso roscado que permite subir ou baixar as peças fazendo girar um volante, o qual encontra-se na parte inferior do elevador.

#### DISPOSITIVO DE PENETRAÇÃO

Está composto por um cabeçote e um penetrador. Este pode ser um diamante ou uma esfera, segundo o tipo de ensaio.

O penetrador fixa-se ao cabeçote por meio de um parafuso ou um cone.

Algumas máquinas possuem um protetor para o penetrador.

#### APARELHO DE MEDIÇÃO E LEITURA

Existem duas classes de aparelhos de medição e leitura de dureza. Os ópticos e os de leitura direta.

Os ópticos utilizam-se para os ensaios Brinell e Vickers e os de leitura direta para o ensaio Rockwell.



Fig. 1



### TIPOS DE MÁQUINAS

Para realizar os ensaios Rockwell, Brinell e Vickers utilizam-se os seguintes tipos de máquina.

#### *Máquina Rockwell (fig. 2)*

No ensaio Rockwell é usado normalmente dois tipos de penetradores correspondentes aos ensaios Rockwell "C" ou "B".

O relógio da máquina tem duas escalas, uma vermelha e uma preta, nas quais são feitas as leituras das durezas. A escala pode girar livremente acionando a borda do relógio, o qual permite regular a graduação a zero (fig. 3).

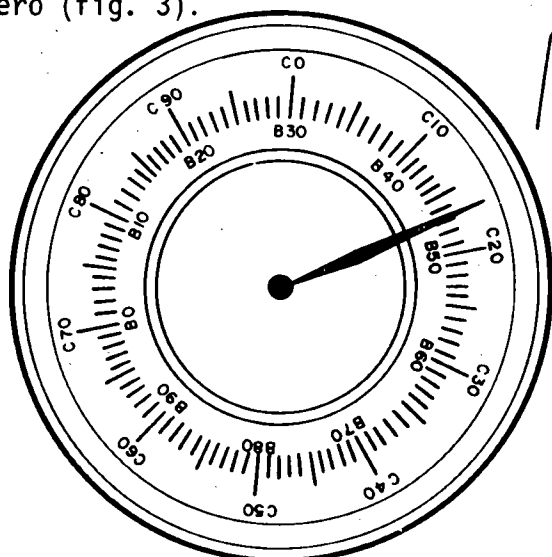


Fig. 3

O relógio encontra-se acoplado ao suporte do penetrador, de tal forma que qualquer movimento vertical deste transforma-se em rotação no ponteiro indicador. Alguns aparelhos levam uma ponteira pequena que serve para indicar o momento em que se aplica a carga inicial ou pré-carga de 10 Kg. Quando isso se sucede este ponteiro coincide com um ponto marcado no mostrador do relógio.

#### *Máquinas Brinell e Vickers (fig. 4)*

Existem vários tipos de máquinas para realizar os ensaios Brinell e Vickers sendo as mais usadas as que dispõem de um aparelho óptico onde é projetada e medida a impressão.

Na máquina pode-se selecionar as diferentes cargas e sua aplicação sobre o corpo a ensaiar, é regulada mediante um sistema de amortecedor mecânico ou hidráulico, que permite uma aplicação lenta e gradual das cargas

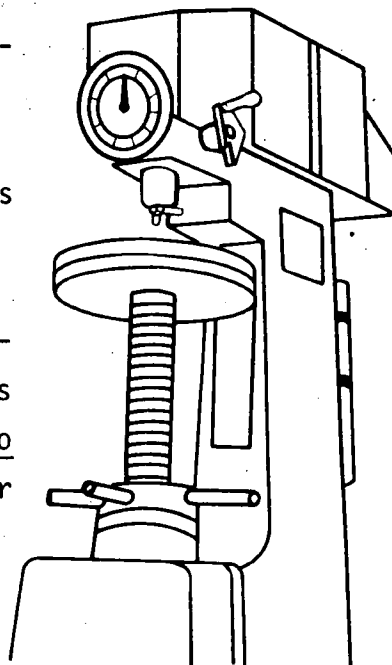


Fig. 2

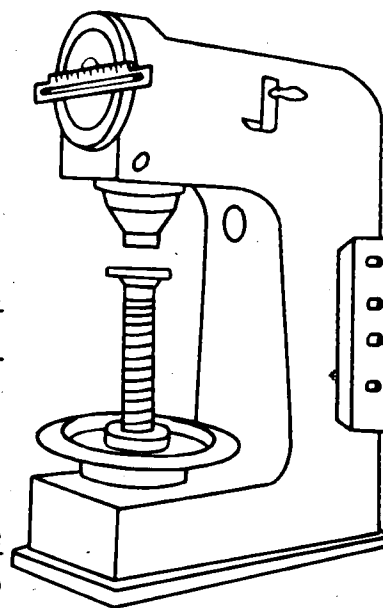


Fig. 4

e assegura que a pressão não ultrapasse a conveniente para o ensaio.

Se o ensaio realizado neste tipo de máquina é Brinell, os penetradores usados são esferas de aço ou carboneto de tungstênio de vários diâmetros: nos ensaios Vickers, o penetrador utilizado é um diamante em forma de pirâmide quadrangular.

Outra característica deste tipo de máquina, é de que contam com um dispositivo especial que imediatamente depois de efetuar a impressão situa no lugar onde se encontrava o penetrador, um aparelho óptico que projeta sobre um vidro a imagem da impressão, ampliada de 20 a 150 vezes. Este aparelho pode denominar-se micrômetro óptico, existindo diversos tipos e um dos mais comuns é mostrado na figura 5.

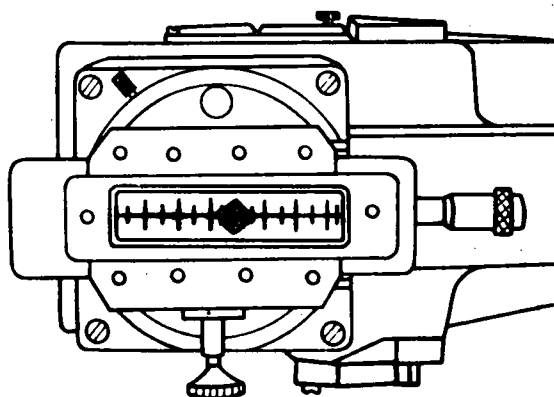


Fig. 5

#### OBSERVAÇÕES

- a) Quando as máquinas não têm incorporado o aparelho óptico de medição, a impressão é medida utilizando um microscópio ou lupa graduada portátil como a representada na figura 6.

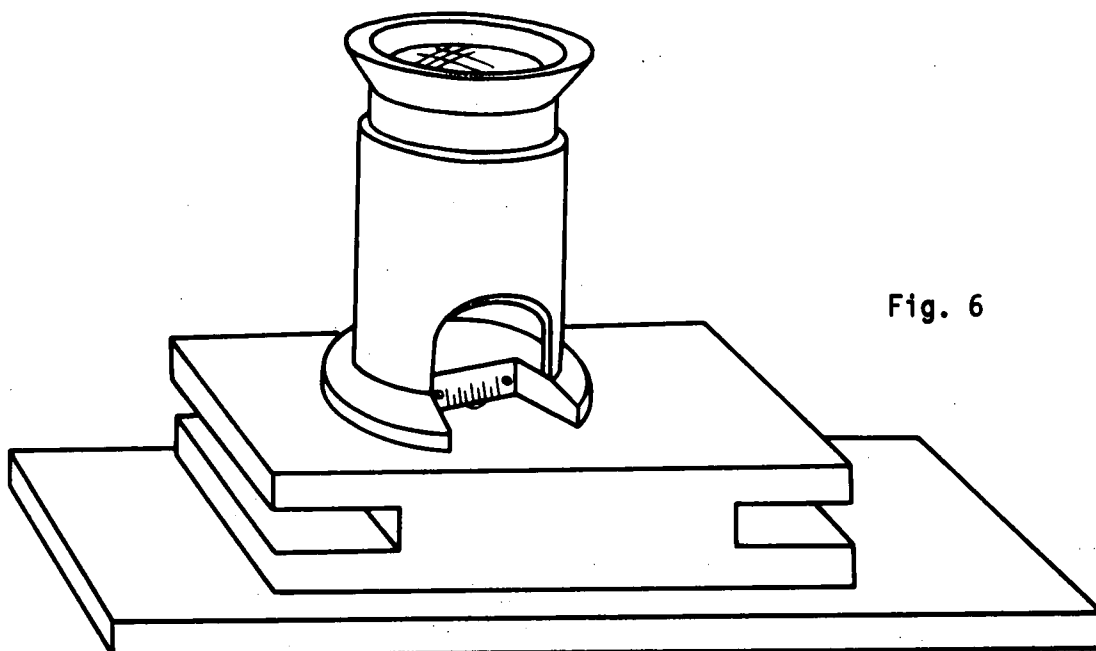


Fig. 6

b) Existem outros tipos de máquinas, chamadas Universais por permitirem executar os três ensaios de dureza descritos (fig. 7).

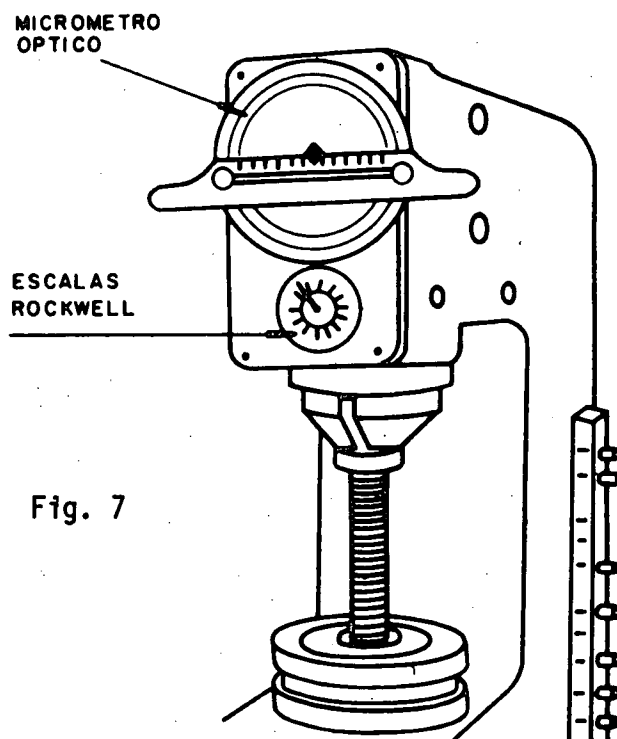


Fig. 7

c) As empresas construtoras, já projetaram máquinas para dureza Brinell com leitura direta, sendo utilizadas nas indústrias ou fabricação de produtos seriados e quando não se requer grande precisão na determinação da dureza.

## RESUMO

### MÁQUINAS PARA ENSAIO DE DUREZA

1) Mecanismos de Aplicação de cargas  
 (Mecânico ou hidráulico)

## CARACTERÍSTICAS GERAIS

2) Suporte e elevador das peças

3) Dispositivo de penetração (penetradores de dia-  
 mante ou esferas de aço ou carboneto de Tg)

4) Aparelho de medição e leitura (micrômetro ôpti-  
 co, microscópio e lupa graduada)

*Rockwell*: leva incorporado um relógio de leitura direta.

*Brinell e Vickers*: para medir a impressão se usa um micrômetro ôptico e a dureza se determina em tabelas.

## TIPOS



Consiste em fazer penetrar um cone de diamante ou uma esfera de aço sobre o material que se vai ensaiar. A leitura da dureza é feita de forma rápida e direta, em um relógio especial que transforma a medida da penetração em cifras unitárias de dureza Rockwell.

#### CARACTERÍSTICAS

As características principais do ensaio Rockwell são as seguintes:

- a) Leitura direta da dureza.
- b) Aplicação simultânea de duas cargas.
- c) Medida da dureza pela profundidade penetrada pelo diamante ou pela esfera sobre a peça.

##### *Leitura direta*

A leitura dos valores da dureza se realiza, nas escalas do relógio que está incorporado e acoplado ao dispositivo de aplicação das cargas da máquina de ensaio.

##### *Aplicação de cargas*

Nos ensaios Rockwell aplicam-se duas cargas diferentes: uma inicial de 10Kg e depois uma carga final, maior que a anterior, a qual varia de acordo com os tipos de ensaio.

##### *Medida pela profundidade penetrada*

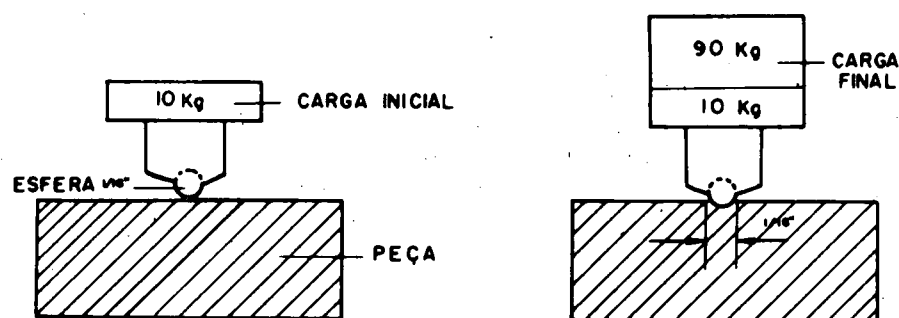
A distância penetrada pelo diamante ou pela esfera é diretamente proporcional à carga, e inversamente proporcional à dureza do material; esta proporção não é linear.

#### TIPOS

Existem vários tipos de ensaio Rockwell, sendo os mais comuns, os denominados Rockwell B e Rockwell C.

##### *Rockwell B*

Neste ensaio utiliza-se como corpo penetrador uma esfera de aço temperado, com um diâmetro de 1/16 polegadas e uma carga final de 90 Kg (fig. 1).

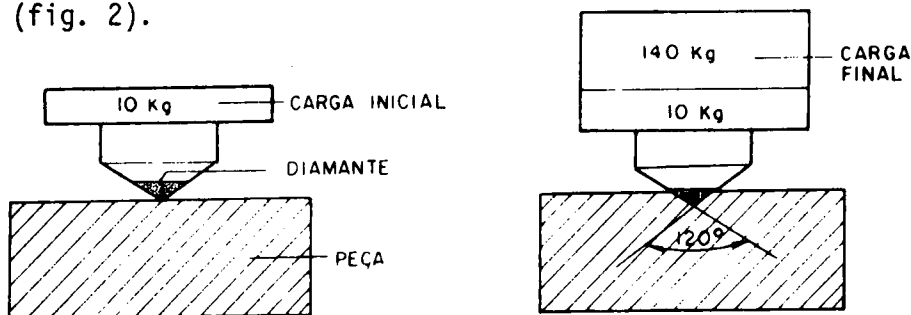


ENSAIO ROCKWELL B (RB)

Fig. 1

### Rockwell C

O penetrador utilizado para este ensaio denomina-se penetrador Brale; é um cone de diamante com um ângulo de  $120^{\circ}$  e com a ponta esférica com um raio de 0,2 mm. A carga final empregada para realizar este ensaio é de 140 quilogramas (fig. 2).



ENSAIO ROCKWELL C (RC)

Fig. 2

### USOS

O penetrador de esfera de 1/16 de polegada, é empregado para materiais cuja dureza oscile entre 0 e 100 da escala Rockwell B. A leitura é feita em escala vermelha do relógio, também denominada escala RB (fig. 3).

O penetrador Brale utiliza-se para materiais cuja dureza oscile entre 20 e 70 da escala Rockwell C.

A leitura neste caso efetua-se na escala preta do relógio ou escala C.

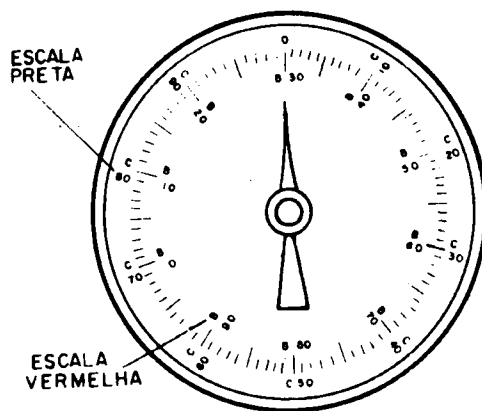


Fig. 3

### OBSERVAÇÃO

Para determinar a dureza da superfície de aços nitretados ou cementados, decarborizados ou de peças delgadas tais como lâminas de barbear, se emprega um ensaio especial denominado "Rockwell Superficial", no qual se realiza usando um penetrador designado Brale N igual ao descrito anteriormente, porém sujeito a tolerâncias de fabricação mais precisas. Utiliza-se para metais duros com carga inicial de 3 Kg e adicionais de 12, 27 e 42 Kg. Para metais leves usa-se o penetrador de esfera de 1/16 de polegada. Com as mesmas cargas mencionadas, a máquina é mais sensível que a normal e também regula a velocidade de aplicação do penetrador por meio de um freio hidráulico.



*CONDIÇÕES PARA O ENSAIO*

- a) Antes de determinar a dureza de um material deve-se realizar pelo menos uma medição prévia, pois a primeira leitura pode estar errada.
  - b) O penetrador deve estar perpendicular à peça e esta não deve mover-se durante o ensaio.
  - c) As peças devem apresentar uma superfície plana, lisa e livre de sujeira, cascas ou partículas duras que possam prejudicar os resultados do ensaio.
  - d) A superfície da peça não deve aquecer-se durante sua preparação para evitar o abrandamento da mesma, pelo efeito de revenido e para não criar tensões internas no material.
  - e) Em peças redondas menores que dez mm de diâmetro, a curvatura, modifica o resultado, deve-se então retificar com rebolo ou lima uma pequena zona para a impressão; caso contrário, deve-se acompanhar o valor do diâmetro da peça com o da dureza obtida.
  - f) A espessura deve ser suficientemente grossa em relação à carga e ao penetrador para evitar o "efeito yunque". Este pode detectar-se observando a face oposta, para ver se aparecem si nais de compressão ou da impressão do penetrador.
- Geralmente se estabelece uma espessura da peça igual ou maior a 10 vezes a penetração do diamante.





Consiste em comprimir contra a superfície da peça metálica a provar, uma esfera de aço muito dura, aplicando uma carga estática durante um certo tempo (fig. 1) para medir em seguida as dimensões da impressão.

A impressão deixada pela esfera no metal da peça é, em termos geométricos, uma calota esférica; o valor numérico da dureza Brinell obtém-se dividindo a carga aplicada pela área da superfície desta calota esférica a qual pode calcular-se facilmente partindo de seu diâmetro, através de uma série de deduções matemáticas, obtendo-se assim a fórmula que utiliza como dados numéricos, o diâmetro da esfera, o diâmetro da calota impressa e a constante  $\pi$ :

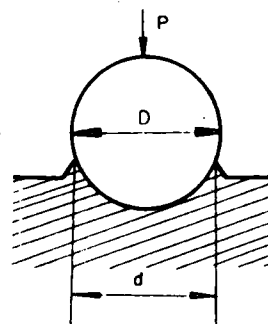


Fig. 1

$$\text{ÁREA DA IMPRESSÃO} = \frac{\pi \times D^2}{2} - \frac{\pi \times D}{2} \sqrt{D^2 - d^2}$$

Sendo:

D = diâmetro da esfera em mm.

d = diâmetro da calota impressa em mm.

$\pi = 3,1416$

De acordo com o que foi dito anteriormente, deve-se dividir a carga pelo valor da superfície da impressão, ficando:

$$\text{Dureza Brinell} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Sendo:

P = carga aplicada em Kg.

A carga se expressa em quilogramas e a superfície em milímetros quadrados. Na prática e para maior comodidade, utilizam-se tabelas que indicam a dureza correspondente, cada um dos diferentes diâmetros das calotas impressas, as quais medem-se com lupa graduada ou com micrômetro óptico. As tabelas mais usadas podem ser consultadas na FIT. de tabelas de dureza.

#### PENETRADORES E CARGA

##### Penetradores

No ensaio Brinell normal, empregam-se como penetradores as esferas de 5 ou 10 mm de diâmetro. Para casos especiais pode utilizar-se outras esferas tais como: 1,25mm, 2,50mm e 7mm. Os ensaios realizados com tais esferas, não podem considerar-se ensaios típicos. As esferas podem ser construídas de:

- 1) Aço ao carbono.
- 2) Aço liga.
- 3) Carboneto de tungstênio.

O emprego destas esferas depende da dureza do metal a ensaiar.





**INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA:**  
**ENSAIO DE DUREZA BRINELL**  
**(GENERALIDADES)**

REF.: FIT.182

2/2

**S E N A I**

*Cargas*

As cargas para os ensaios estão em função do diâmetro da esfera e do material a ser ensaiado, como se mostra no quadro seguinte:

DIÂMETRO	CARGAS (Kg) E CAMPOS DE APLICAÇÃO			
DAS ESFERAS (mm)	AÇOS E FERROS FUNDIDOS	BRONZE E LATÃO DURO	COBRE, ALUMÍNIO E SUAS LIGAS	METAIS LEVES
10	3000	1000	500	250
5	750	250	125	62,50
2,5	187,50	62,50	31,25	15,625

**OBSERVAÇÕES**

Quando se utiliza uma esfera de 10mm e uma carga de 300 Kg, pode-se teoricamente determinar a dureza Brinell, aplicando a fórmula anterior em uma escala compreendida entre 35,5 e 945 unidades; contudo como as esferas de aço, sofrem deformações quando a dureza do material excede a 525 unidades Brinell, devem utilizar então, esferas de carboneto de tungstênio que são mais duras, portanto sofrem menos deformações.

Em geral, para maior exatidão, recomenda-se não exceder medições de dureza maiores a 600 unidades Brinell.

*USOS*

Este ensaio usa-se geralmente para determinar durezas de aços recozidos laminados ou normalizados e especialmente para metais não muito duros, tais como: o cobre e suas ligas, e alumínio e suas ligas.

*CONDIÇÕES PARA O ENSAIO*

Para obter valores exatos na determinação das durezas, os ensaios Brinell devem reunir as seguintes condições:

- O ensaio deve ser feito sobre uma superfície plana, limpa e sem porosidades.
- O penetrador deve estar perpendicular à superfície da peça e esta não deve mover-se durante o ensaio.
- A distância da borda da peça, ao ponto onde vai-se fazer a impressão deve ser aproximadamente 3 vezes o diâmetro da calota, e 4 vezes do centro de outra impressão.
- A espessura da peça, deve ser maior do que o dobro do diâmetro da impressão para evitar o "efeito de Yunque". Depois do ensaio a face oposta não deve apresentar marcas.
- A superfície da peça a provar não deve aquecer-se durante sua preparação, para não dar lugar ao desenvolvimento de tensões internas no material.

O ensaio Vickers consiste em determinar a dureza de um material, utilizando um penetrador especial, para medir depois a diagonal da impressão deixada por este sobre a superfície da peça.

#### PENETRADOR DE CARGAS

O penetrador Vickers é um pequeno diamante talhado em forma de pirâmide quadrangular, cujas faces formam um ângulo de  $136^{\circ}$  (fig. 1). Este ângulo foi escolhido para que os números de dureza Vickers coincidam com os de Brinell, ainda que esta semelhança só se cumpra até aproximadamente 350 unidades Brinell, devido à deformação que sofre a esfera durante o ensaio, ao ultrapassar esta cifra.

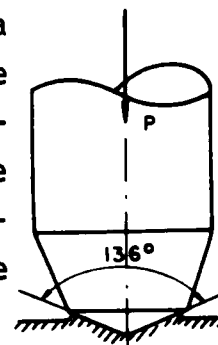


Fig. 1

As cargas mais recomendadas para realizar o ensaio Vickers são as de: 1 - 2,5 - 5 - 10 - 20 - 30 - 50 - 100 e 120 Kg das quais a mais utilizada é a de 30 Kg.

#### DETERMINAÇÃO DA DUREZA

Depois de ter-se aplicado a carga sobre o material, neste aparece uma pequena impressão (Fig. 2). Para determinar a dureza, medem-se as diagonais da impressão com um microscópio ou um micrômetro óptico.

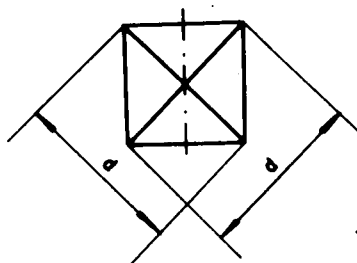


Fig. 2

O valor numérico obtém-se, como no valor Brinell, ao dividir a carga pela superfície da impressão, porém é mais prático utilizar tabelas, sendo a mais usual a correspondente à carga de 30 Kg; estas podem ser consultadas na FIT de tabelas de dureza.

#### USOS

O ensaio Vickers utiliza-se quando se requer precisão da determinação das durezas; devido à sua versatilidade emprega-se para ensaiar materiais leves ou materiais temperados e tratados termoquimicamente. Além disso, como a impressão é muito pequena permite ensaiar lâminas de pouca espessura e peças acabadas sem prejudicar as superfícies das mesmas.

## CONDIÇÕES PARA O ENSAIO

1 - As peças que se vão ensaiar devem apresentar uma superfície polida, plana e perpendicular ao eixo de simetria do penetrador. A carga total aplica-se lentamente, em especial à última fração para evitar os efeitos de inércia e descarga brusca.

2 - A impressão deve realizar-se em uma zona plana da peça e a espessura mínima desta deve ser aproximadamente 1,5 vezes o tamanho da diagonal da impressão, para evitar o efeito de "yunque". Na figura 3 podem-se observar as espessuras mínimas que devem ter as peças a ensaiar, em relação a carga utilizada e a dureza do material ensaiado.

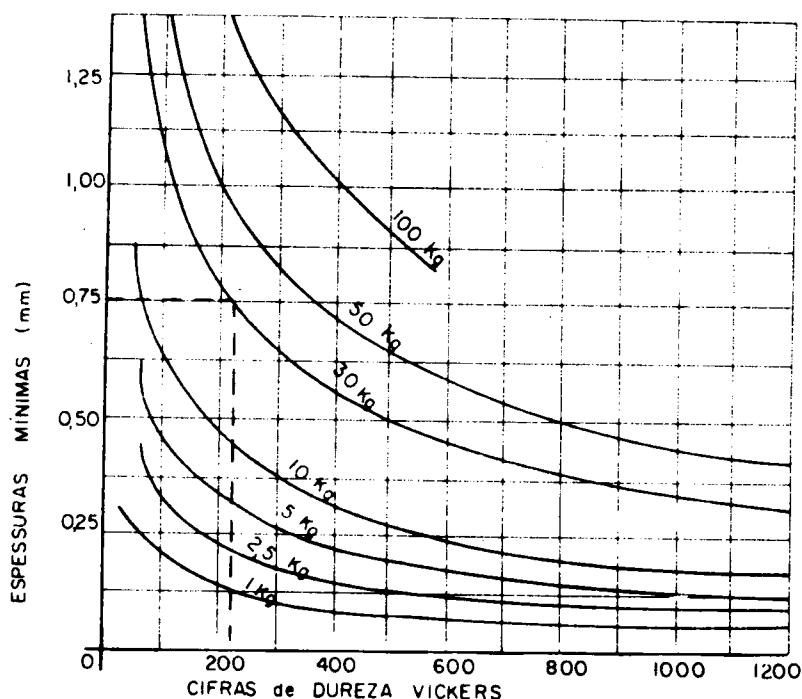


Fig. 3

Assim, por exemplo, para um ensaio de dureza Vickers com 30 Kg para uma dureza compreendida entre 200 e 300 unidades Vickers, a peça deverá ter uma espessura igual ou maior a 0,75mm.

3 - O tempo que permanece aplicada a carga total varia usualmente de 10 a 30 segundos. Esta permanência da carga tem por objetivo permitir que se completem as deformações plásticas do material na pequena zona de ensaio.



Os valores da tabela seguinte são certos para todos os aços perlíticos em estado natural ou recozido, refinado (temperado e revenido alto, também chamado beneficiado) e temperado; em troca não são corretos para os aços austeníticos, ferro fundido e metais não ferrosos.

A dureza Brinell indicada na tabela e os ensaios de dureza com esfera (Rb), na prática, coincide até  $200 \text{ Kg/mm}^2$ , aproximadamente, com a resistência a ruptura de um corpo de prova, tomada no mesmo ponto do material.

Em durezas superiores, porém, a prova de dureza com esfera dá somente valores aproximados e em durezas acima de  $240 \text{ Kg/mm}^2$  os resultados são pouco seguros, devido a deformações que sofre a esfera.

Materiais de resistência superior a  $200 \text{ Kg/mm}^2$ , controlam-se convenientemente em aparelhos com cone de diamante.

*Exemplo de leitura*

Diâmetro da calota impressa: 4,10 mm.

Dureza Brinell: 217.

*Durezas equivalentes*

Vickers: 220.

Rockwell B: 97.

Rockwell C: 18.

Resistência aproximada à tração:  $77 \text{ Kg/mm}^2$ .

*ESTADO NATURAL E RECOZIDO*

*Brinell*: esfera de 10mm de diâmetro; carga 3000 Kg -- *Vickers*: pirâmide quadrada de  $136^\circ$ ; carga 30 Kg -- *Rockwell B*: esfera de  $1/16''$ ; carga 100 Kg -- *Rockwell C*: cone de diamante com ângulo de  $120^\circ$ ; carga 150 Kg.

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO $\text{Kg/mm}^2$	DIÂMETRO DA IM- PRESSÃO DA ES- FERA mm	DUREZA BRINELL	DUREZA VICKERS	DUREZA ROCKWELL B	DUREZA ROCKWELL C	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO $\text{Kg/mm}^2$	DIÂMETRO DA IM- PRESSÃO DA ES- FERA mm	DUREZA BRINELL	DUREZA VICKERS	DUREZA ROCKWELL B	DUREZA ROCKWELL C
RB	d	DB	DV	Rb	Rc	RB	d	DB	DV	Rb	Rc
30	6,33	84,6				60	4,62	169	173	86	
33	6,07	93				63	4,52	177	181	88	
36	5,85	101		58		66	4,42	185	189	90,5	
39	5,64	110		64,5		69	4,33	194	197	92	
42	5,45	118		69		72	4,24	202	206	94	
45	5,28	127		73		75	4,16	211	213	96	16
48	5,13	135		75,5		77	4,10	217	220	97	18
51	4,98	144		78,5		78	4,08	219	222		
54	4,85	152		81		81	4,01	228	230	99	20
47	4,73	161		84		84	3,94	236	238		22







Entende-se por tratamentos térmicos as operações que consistem em aquecer e esfriar as ligas ferrosas em condições especiais, com a finalidade de melhorar suas propriedades e características físicas.

Nos tratamentos térmicos, os materiais sofrem modificações e troca de estrutura ao serem aquecidos a temperaturas acima da chamada crítica, para posteriormente serem esfriados a distintas velocidades. Cada uma dessas velocidades de esfriamento confere ao material características mecânicas como dureza, tenacidade, resistência à tração, resistência ao choque, resistência à fadiga e outras que estão associadas à estrutura formada.

#### ETAPAS

Em todos os tratamentos térmicos distinguem-se três etapas:

o aquecimento à temperatura determinada, a permanência do material nesta temperatura e o esfriamento no meio adequado; este último determina a velocidade de esfriamento.

##### *Aquecimento*

Esta etapa consiste em elevar a temperatura do material até que a estrutura deste se transforme ou modifique.

As temperaturas de aquecimento variam de acordo com o tipo de tratamento térmico que se realize, a classe do material e ao tamanho das peças.

Os aquecimentos são feitos em fornos especiais; as temperaturas são controladas mediante uso de aparelhos de medição.

##### *Duração de aquecimento*

A duração do aquecimento também depende do tratamento térmico, das dimensões da peça e das características do aço.

Em geral, o tempo de permanência do material à temperatura de aquecimento deve permitir que toda a massa fique com uma temperatura homogênea.

Excetua-se o caso dos tratamentos superficiais, onde somente se aquece a periferia das peças.

##### *Esfriamento*

Esta etapa, como nas anteriores, é de muita importância porque dela dependem as propriedades e características finais, com as que ficarão os materiais depois de tratados.

Para esfriamento das peças utiliza-se diversos meios tais como: água, óleo, sais fundidos ou ar, os quais se selecionam segundo o tratamento que se realiza.



*TIPOS DE TRATAMENTOS TÉRMICOS*

Os mais usados são: normalização, recozimento, têmpera e revenido.

TRATAMENTO TÉRMICO	CLASSE	MEIO DE ESFRIAMENTO
NORMALIZAÇÃO		Ar
RECOZIMENTO	Regeneração Globular Sub-crítico	Forno Forno Ar
TÊMPERAS	Comum Superficial Isotérmica	Água ou óleo Água Banho quente
REVENIDO		Ar ou óleo

*Normalização*

Utiliza-se para eliminar as tensões internas em peças que tenham sido trabalhadas a quente ou a frio, ou que tenham recebido um tratamento defeituoso.

*Recozimento*

Seu objetivo é o de abrandar e eliminar as tensões internas das ligas ferrosas.

*Têmperas*

Servem para endurecer as peças e aumentar a resistência das mesmas.

A têmpera superficial emprega-se para endurecer unicamente a periferia do material, e as têmperas isotérmicas servem para endurecer as peças, reduzindo as deformações que podem apresentar-se em têmperas comuns.

*Revenido*

Este tratamento é dado às peças que tenham sido temperadas com a finalidade de reduzir a fragilidade da estrutura de têmpera, eliminar as tensões originadas pela mesma e aumentar a tenacidade. Paralelamente, a dureza diminui com o aumento da temperatura de revenido.

## OBSERVAÇÕES

- Denomina-se ponto crítico inferior, a temperatura durante a qual, o carbono previamente combinado na forma de carboneto de ferro, começa a dissolver-se no ferro; isto ocorre nos aços ao carbono a uma temperatura de  $723^{\circ}\text{C}$ .
- Ponto crítico superior é a temperatura na qual, o carbono termina de dissolver-se no ferro, nos aços ao carbono; varia de acordo com a porcentagem deste, por exemplo para 0,1% de C a temperatura é de  $900^{\circ}\text{C}$  e de  $1147^{\circ}\text{C}$  para 2% de C.
- Nos aços-liga, os constituintes tais como o níquel, cromo, o molibidênio etc, modificam as temperaturas mencionadas.





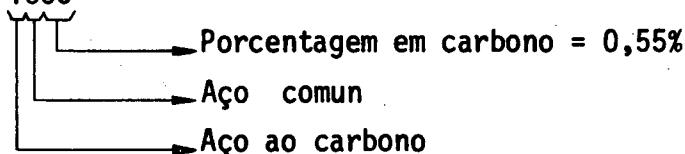
As normas estabelecidas pela SAE (Society of automotive engineers), sociedade de engenheiros de automotores, indicam a composição e classificação dos aços.

O sistema numérico das normas SAE está composto por quatro e cinco cifras que significam o seguinte:

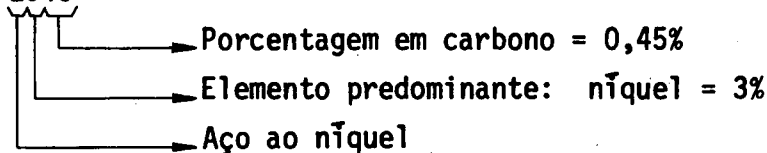
A primeira cifra da norma indica a classe do aço. Assim o número "1" significa aços ao carbono; "2" aços-liga com cromo; "3", aços cromo-níquel; "5" aços ao cromo etc. (ver tabela 1). O segundo número indica a porcentagem aproximada do elemento de liga predominante. Os números finais indicam a média do conteúdo de carbono em centésimos de porcentagem; quando este último é igual ou passa de 1%, o sistema numérico passa a compor-se por cinco cifras.

*Exemplos*

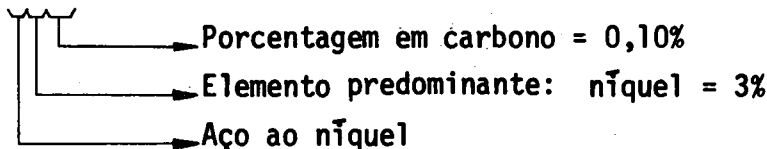
SAE 1055



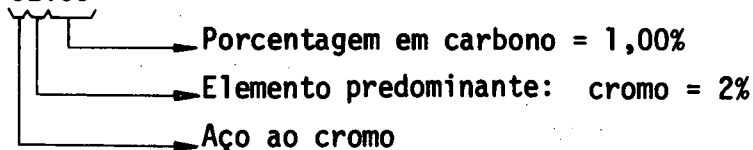
SAE 2345



SAE 3310



SAE 52100



Os exemplos anteriores são aproximados. Devido ao aparecimento contínuo de novas ligas, fez-se necessário inserir novos números representativos de ligas na escala anterior. Por este motivo, a determinação exata de um tipo de aço, deve-se recorrer à tabela 1 e à tabela 2.

**INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA:****AÇOS SAE  
(CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO)****REF.: FIT.186****2/5****S E N A I****TABELA Nº 1**

TIPOS DE AÇOS	Nº SAE
Aços ao carbono	1...
Aços comuns	10..
Aços de cavaco curto resulfurados	11..
Aços refosforados e resulfurados	12..
Aços ao manganês	13..
Aços ao níquel	2...
Aços ao níquel	23..
Aços ao níquel	25..
Aços ao cromo-níquel	3...
Aços ao cromo-níquel	31..
Aços ao cromo-níquel	32..
Aços ao cromo-níquel	33..
Aços inoxidáveis e refratários	30..
Aços ao molibdênio	4...
Aços ao carbono molibdênio	40..
Aços ao cromo molibdênio	41..
Aços ao cromo-níquel molibdênio	43..
Aços ao níquel molibdênio	46..
Aços ao níquel molibdênio	48..
Aços ao cromo	5...
Aços de baixo teor de cromo (para rolamentos)	501..
Aços de médio teor de cromo (para rolamentos)	511..
Aços de alto teor de cromo (para rolamentos)	521..
Aços inoxidáveis	52..
Aços ao cromo-vanádio	6...
Aços ao silício manganês	9...
Aços ao silício manganês	92..
Aços de triplice liga, cromo, níquel, molibdênio	86..
Aços de triplice liga, cromo, níquel, molibdênio	87..
Aços de triplice liga, cromo, níquel, molibdênio	93..
Aços de triplice liga, cromo, níquel, molibdênio	94..
Aços de triplice liga, cromo, níquel, molibdênio	97..
Aços de triplice liga, cromo, níquel, molibdênio	98..
Aços de baixa liga e de alta resistência	9...
Aço fundido inoxidável	60..
Aço fundido refratário	70..



INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA:

AÇOS SAE  
(CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO)

REF.: FIT.186

3/5

S E N A I

TABELA Nº 2

AÇOS AO CARBONO

(Barras laminadas a quente)

REFERÊNCIAS

B - Indica aço Bessemer ácido

C - Indica aço de forno aberto

E - Indica aço de forno elétrico

TS - Indica grau de ensaio normalizados para economizar material es  
casso, substituindo-os por seus equivalentes.

AISI Nº	C	Mn	P	S	SAE Nº
C 1010	0,08 / 0,13	0,30 / 0,60	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1010
C 1020	0,18 / 0,23	0,30 / 0,60	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1020
C 1035	0,32 / 0,38	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1035
C 1040	0,37 / 0,44	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1040
C 1045	0,43 / 0,50	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1045
C 1050	0,48 / 0,55	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1050
C 1060	0,55 / 0,65	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1060
C 1070	0,65 / 0,75	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1070
C 1085	0,80 / 0,93	0,70 / 1,00	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1085
C 1090	0,85 / 0,98	0,60 / 0,90	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,050 m <sup>ax</sup> .	1090

COBRE E CHUMBO: Quando necessário, especifica-se como elemento de adição a um aço normalizado.

RESSULFURADOS

AISI Nº	C	Mn	P	S	SAE Nº
C 1113	0,10 / 0,16	1,00 / 1,30	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,24/0,33	-
C 1116	0,14 / 0,20	1,10 / 1,40	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,16 / 0,23	-
C 1139	0,35 / 0,43	1,35 / 1,65	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,12 / 0,20	1139
C 1145	0,42 / 0,49	0,70 / 1,00	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,04 / 0,07	1145
C 1151	0,48 / 0,55	0,70 / 1,00	0,040 m <sup>ax</sup> .	0,08 / 0,13	1151
B 1111	0,13 m <sup>ax</sup> .	0,60 / 0,90	0,07 / 0,12	0,08 / 0,15	1111
B 1113	0,13 m <sup>ax</sup> .	0,70 / 1,00	0,07 / 0,12	0,24 / 0,33	1113

Nos aços Bessemer ácidos não se especifica conteúdo de silício.

Os resulfurados não estão sujeitos a análise para comprovação de enxofre.



INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA:  
AÇOS SAE  
(CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO)

REF.: FIT.186

4/5

S E N A I

AÇOS LIGA

AISI Nº	C	Mn	Ni	Cr	Mo	SAE Nº
1330	0,28/0,33	1,60/1,90				1330
1345	0,43/0,48	1,60/1,90				1345
E 2517	0,15/0,20	0,45/0,60	4,75/5,25			2517
3140	0,38/0,43	0,70/0,90	1,10/1,40	0,55/0,75		3140
E 3310	0,08/0,13	0,45/0,60	3,25/3,75	1,40/1,75		3310
4012	0,09/0,14	0,75/1,00			0,15/0,25	4012
4037	0,35/0,40	0,70/0,90			0,20/0,30	4037
4063	0,60/0,67	0,75/1,00			0,20/0,30	4063
4118	0,18/0,23	0,70/0,90		0,40/0,60	0,08/0,15	4118
4135	0,33/0,38	0,70/0,90		0,80/1,10	0,15/0,25	4135
TS 4140	0,38/0,43	0,80/1,05		0,90/1,20	0,08/0,15	
TS 4150	0,48/0,53	0,80/1,05		0,90/1,20	0,08/0,15	
4320	0,17/0,22	0,45/0,65	1,65/2,00	0,40/0,60	0,20/0,30	4320
E 4337	0,35/0,40	0,65/0,85	1,65/2,00	0,70/0,90	0,20/0,30	
4615	0,13/0,18	0,45/0,65	1,65/2,00		0,20/0,30	4615
4640	0,38/0,43	0,60/0,80	1,65/2,00		0,20/0,30	4640
4720	0,17/0,22	0,50/0,70	0,90/1,20	0,35/0,55	0,15/0,25	4720
4815	0,13/0,18	0,40/0,60	3,25/3,75		0,20/0,30	4815
5015	0,12/0,17	0,30/0,50		0,30/0,50		5015
5046	0,43/0,50	0,75/1,00		0,20/0,35		5046
5140	0,38/0,43	0,70/0,90		0,70/0,90		5140
5150	0,48/0,53	0,70/0,90		0,70/0,90		5150
E50100	0,95/1,10	0,25/0,45		0,40/0,60		50100
E51100	0,95/1,10	0,25/0,45		0,90/1,15		51100
8115	0,13/0,18	0,70/0,90	0,20/0,40	0,30/0,50	0,08/0,15	
8615	0,13/0,18	0,70/0,90	0,40/0,70	0,40/0,60	0,15/0,25	8615
8630	0,28/0,33	0,70/0,90	0,40/0,70	0,40/0,60	0,15/0,25	8630
8660	0,55/0,65	0,75/1,00	0,40/0,70	0,40/0,60	0,15/0,25	8660
8720	0,18/0,23	0,70/0,90	0,40/0,70	0,40/0,60	0,20/0,30	8720
8740	0,38/0,43	0,75/1,00	0,40/0,70	0,40/0,60	0,20/0,30	8740
8822	0,20/0,25	0,75/1,00	0,40/0,70	0,40/0,60	0,30/0,40	8822
E 9310	0,08/0,13	0,45/0,65	3,00/3,50	1,00/1,40	0,08/0,15	9310
9850	0,48/0,53	0,70/0,90	0,85/1,15	0,70/0,90	0,20/0,30	9850



AÇOS AO BORO

AISI Nº	C	Mn	Ni	Cr	Mo	SAE Nº
TS 14B35	0,33/0,38	0,75/1,00				
TS 14B50	0,48/0,53	0,75/1,00				
46B12	0,10/0,15	0,45/0,65	1,65/2,00		0,20/0,30	46B12
50B60	0,55/0,65	0,75/1,00		0,40/0,60		50B60
94B15	0,13/0,18	0,75/1,00	0,30/0,60	0,30/0,50	0,08/0,15	94B15
94B40	0,38/0,43	0,75/1,00	0,30/0,60	0,30/0,50	0,08/0,15	94B40

OBSERVAÇÃO

Estes aços contêm um mínimo de 0,0005 % de boro.

Notas aplicáveis às tabelas de aços ligas.

As prescrições que detalhamos abaixo são aplicáveis a materiais que não excedam 12,9 decímetros quadrados de secção.

Quando se fixa o mínimo e o máximo de conteúdo de enxofre, significa que se trata de aço resulfurado.

Os limites de fósforo e enxofre indica a continuação para cada processo, exceto para os aços resulfurados:

Para forno elétrico básico: 0,025 % m<sup>ax</sup>.

Para forno aberto básico: 0,040 % m<sup>ax</sup>.

Para forno elétrico ácido: 0,050 % m<sup>ax</sup>.

Para forno aberto ácido: 0,50 % m<sup>ax</sup>.

Salvo indicações em contrário, o conteúdo de silício é de 0,20 a 0,35 %.





**INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA:**  
**AÇOS SAE**  
**(TRATAMENTOS TÉRMICOS USUAIS)**

REF.: FIT.187 1/1

**S E N A I**

Na tabela seguinte mostram-se as temperaturas de aquecimento utilizadas nos tratamentos de normalização, recozimento, têmpera e revenido dos aços SAE, também se indicam os meios de esfriamento mais recomendados para a têmpera.

AÇOS SAE	NORMALIZAÇÃO °C	RECOZIMENTO °C	TÊMPERA °C	ESFRIAMENTO PARA TÊMPERA	REVENIDO °C
1034 e 1040	835 - 860	800 - 830	820 - 840	Água	A
1045 a 1055	820 - 840	790 - 810	800 - 830	Água	A
1060 a 1070	800 - 820	760 - 790	790 - 810	Óleo	A
1126 a 1137	870 - 925	760 - 815	830 - 860	Óleo ou água	A
1138 a 1144	870 - 925	760 - 815	800 - 850	Óleo	A
1330	870 - 925	815 - 870	815 - 840	Água ou óleo	A
1335 a 1345	870 - 925	815 - 870	830 - 860	Óleo	A
2330 a 2345	870 - 930	760 - 815	780 - 810	Óleo	A
2512 a 2517	900 - 935	- - - -	780 - 810	Óleo	120 - 180
3130 a 3141	870 - 925	790 - 850	815 - 850	Óleo	A
3145 e 3150	870 - 925	760 - 815	815 - 850	Óleo	A
3340 e 3350	900 - 935	890 - 925	810 - 815	Óleo	A
4017 - 4032	900 - 935	890 - 925	800 - 815	Óleo	120 - 180
4037 e 4042	- - - -	830 - 860	815 - 860	Óleo	A
4047 - 4053	- - - -	790 - 845	815 - 860	Óleo	A
4063 e 4068	- - - -	790 - 845	800 - 845	Óleo	A
4119	900 - 935	- - - -	900 - 925	Óleo	120 - 180
4130	870 - 925	790 - 845	870 - 900	Água ou óleo	A
4137 e 4140	870 - 925	790 - 845	845 - 870	Óleo	A
4145 e 4150	870 - 925	790 - 845	815 - 870	Óleo	A
4317 e 4320	900 - 935	895 - 925	780 - 805	Óleo	120 - 180
4340	870 - 925	595 - 610	805 - 830	Óleo	A
4640	870 - 925	785 - 815	785 - 815	Óleo	A
4812 a 4820	900 - 935	890 - 925	790 - 815	Óleo	120 - 180
5045 e 5046	870 - 925	790 - 845	800 - 815	Óleo	A
5130 e 5132	900 - 950	790 - 845	815 - 845	Óleo ou água	A
5135 a 5145	900 - 950	790 - 845	815 - 845	Óleo	A
5147 a 5152	900 - 950	790 - 845	800 - 845	Óleo	A
50100 a 52100	- - - -	735 - 790	800 - 870	Óleo	A
6150	875 - 950	845 - 890	875 - 890	Óleo	A
8615 a 8625	900 - 935	895 - 995	825 - 860	Óleo	120 - 180
8627 a 8632	870 - 925	790 - 845	845 - 900	Água ou óleo	A
8635 a 8641	870 - 925	790 - 845	830 - 860	Óleo	A
8642 a 8653	870 - 925	790 - 845	815 - 845	Óleo	A
8655 e 8660	900 - 950	790 - 845	800 - 845	Óleo	A
8715 e 8720	900 - 935	890 - 925	830 - 860	Óleo	120 - 180
8725 e 8740	870 - 925	790 - 845	830 - 860	Óleo	A
8745 e 8750	870 - 925	790 - 845	815 - 845	Óleo	A
9254 a 9262	- - - -	- - - -	815 - 900	Óleo	A
9310 a 9317	900 - 935	895 - 925	815 - 830	Óleo	120 - 180
9437 e 9440	870 - 925	790 - 845	845 - 870	Óleo	A
9442 e 9445	870 - 925	790 - 845	815 - 870	Óleo	A
9747	870 - 925	790 - 845	815 - 870	Óleo	A
9840	870 - 925	790 - 845	815 - 845	Óleo	A
9845 e 9850	870 - 925	790 - 845	815 - 845	Óleo	A

A: A temperatura de revenido varia de acordo com a dureza desejada.









As peças de aço que tenham sofrido trabalhos a quente ou a frio e esfriamento ou aquecimentos regulares em um tratamento anterior, ficam, com tensões internas, as quais se eliminam mediante a normalização.

Este tratamento serve também para uniformizar e refinar a estrutura do material.

Distinguem-se neste tratamento três etapas importantes: aquecimento, permanência e esfriamento.

#### AQUECIMENTO

As peças a serem normalizadas devem ser aquecidas a uma temperatura de 20 a 30°C acima da temperatura crítica superior.

Para os aços ao carbono as temperaturas usuais na normalização são as seguintes:

CONTEÚDO DE CARBONO DO AÇO (%)	TEMPERATURA DE NORMALIZAÇÃO (°C)
0,1	935
0,2	910
0,3	880
0,4	860
0,5	840
0,6	820
0,7	810
0,8	800
0,9	785

O aquecimento deve ser feito de forma lenta, especialmente quando se vão normalizar peças grandes ou de formas complicadas. No caso em que o forno já tenha alcançado a temperatura final de tratamento, estes tipos de peças devem ser preaquecidas antes de serem introduzidas no forno.

#### PERMANÊNCIA

É o tempo durante o qual mantêm-se as peças a temperatura de tratamento. Na normalização este tempo é geralmente curto, dependendo da rapidez com que se tenha efetuado o aquecimento do material. Assim, se este realizou-selentamente, a permanência deve ser curta, porêm se o aquecimento das peças foi rápido, o tempo de permanência no forno deve ser maior, com o fim de que todo o material alcance a temperatura de normalização.



Os fabricantes de aços podem recomendar as temperaturas de aquecimento e o tempo de permanência. Contudo geralmente, quando se usa fornos de câmara emprega-se um tempo de aquecimento em torno de 20 minutos para cada 20mm de espessura ou diâmetro do material; usando fornos de banho, o tempo de aquecimento é maior.

Na figura 1 apresenta-se os tempos de permanência em fornos de câmara e de banho, de acordo com o diâmetro das peças. Se está se tratando uma peça cilíndrica de 40mm, o tempo em forno de câmara é de 10 minutos e em banho de sais, 6 minutos.

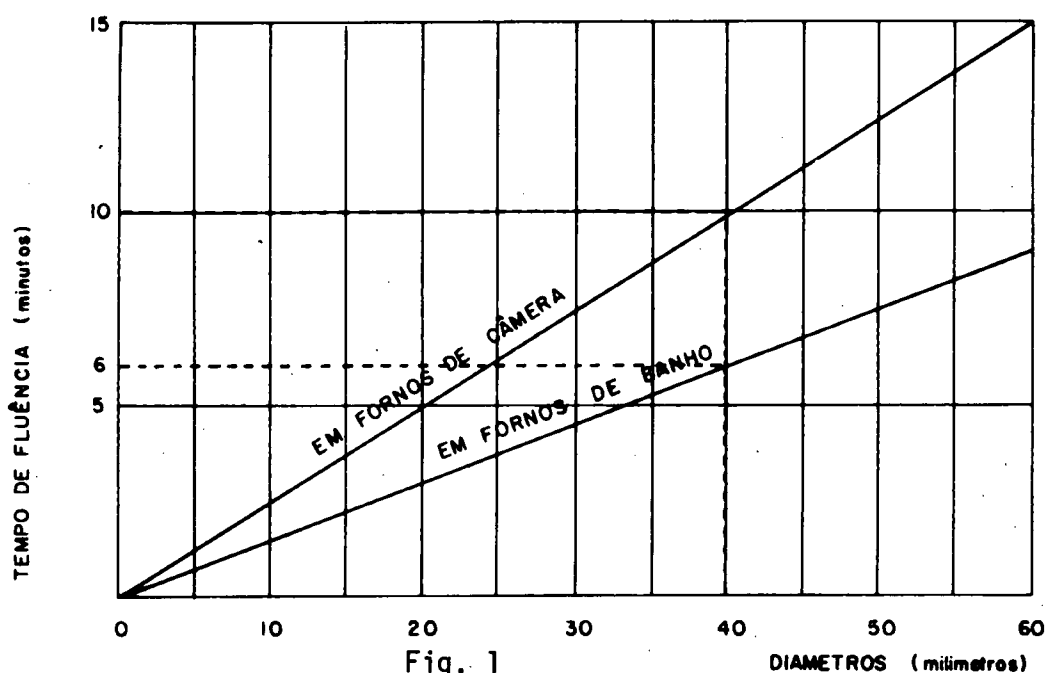


Fig. 1

#### ESFRIAMENTO

O esfriamento das peças na normalização realiza-se ao ar. Isto se faz com a finalidade de obter uma estrutura fina e uniforme do material tratado.

#### APLICAÇÕES

A normalização aplica-se geralmente aos aços com um conteúdo de carbono até 0,5 % que tenham sofrido trabalhos a frio ou quente, tais como laminação ou forjamento.

Assim mesmo se normalizam os aços que tenham sido superaquecidos em um tratamento anterior e nos que sua estrutura tenha sofrido um crescimento de grão ao mantê-los durante muito tempo a altas temperaturas.

Também se normalizam peças de ferro fundido, para obter melhores qualidades mecânicas no material.

A normalização aplica-se somente em aços que não adquiram aumento de dureza ao serem esfriados ao ar.



Consegue-se com este tratamento abrandar os aços e os ferros fundidos, com o objetivo de que estes materiais possam ser usinados facilmente. Também se emprega o recozimento para regenerar a estrutura e eliminar as tensões internas das peças.

#### TIPOS

Os recozimentos mais utilizados são os denominados: recozimento de regeneração, recozimento globular e recozimento subcrítico.

#### *Recozimento de regeneração*

Serve para regenerar a estrutura do material e abrandá-lo.

Neste tratamento, as peças são aquecidas a uma temperatura ligeiramente mais elevada que a crítica superior, geralmente de 20 a 40°C.

Para os aços ao carbono, estas temperaturas são as seguintes:

CONTEÚDO DE CARBONO NO AÇO (%)	TEMPERATURA DE RECOZIMENTO DE REGENERAÇÃO (°C)
0,1	910
0,2	890
0,3	850
0,4	830
0,5	810
0,6	790
0,7	775
0,8	760
0,9	760

Como no recozimento de regeneração o material é aquecido a temperaturas elevadas, deve-se proteger contra a descarbonização.

O aquecimento tem que ser feito lentamente.

Quando as peças tiverem um diâmetro superior a 200mm, deve-se preaquecer antes de levá-las à temperatura de recozimento.

O esfriamento das peças deve ser feito lentamente, a uma velocidade de 20 a 30°C por hora dentro do forno, até que tenha alcançado uma temperatura compreendida entre 300 e 500°C, deixando logo que se esfriem no ar. Quanto mais lento for o esfriamento, até certo limite, mais macio ficará o material.

Para determinar a temperatura de aquecimento, tempo de permanência no forno e a velocidade de esfriamento dos aços ligas, deve-se consultar tabelas e diagramas confeccionados pelos fabricantes de aços.

*Recozimento globular*

Este tratamento é empregado para facilitar a usinagem dos aços, deixando-os com uma dureza menor que a obtida com o recozimento de regeneração.

O aquecimento realiza-se a uma temperatura intermediária entre a crítica, superior e inferior.

As temperaturas de recozimento globular para os aços ao carbono são as seguintes:

CONTEÚDO DE CARBONO NOS AÇOS (%)	TEMPERATURA DE RECOZIMENTO GLOBULAR (°C)
0,1	780
0,2	780
0,3	780
0,4	760
0,5	760
0,6	760
0,7	760
0,8	750
0,9	750
1,0	760
1,1	780
1,2	780

O esfriamento das peças também se faz em forma lenta, a uma velocidade aproximada de 10 a 20°C por hora.

O recozimento globular se aplica geralmente para os aços no carbono ou aços ligas com mais de 0,9% de carbono, ainda que se possa recozer aços com um conteúdo de carbono inferior ao mencionado.

*Recozimento subcrítico*

O aquecimento neste tipo de recozimento realiza-se a temperaturas abaixo do ponto crítico inferior, e o esfriamento é conveniente fazê-lo dentro do forno.

Para dar este tratamento aos aços ligas, deve-se consultar os catálogos dos fabricantes. Em geral, as temperaturas de aquecimentos estão compreendidas entre 500 e 700°C, mantendo-as durante um tempo de 30 minutos até várias horas segundo a espessura, a composição química do aço e o resultado desejado.

Emprega-se este tratamento para eliminar as tensões internas e abrandar

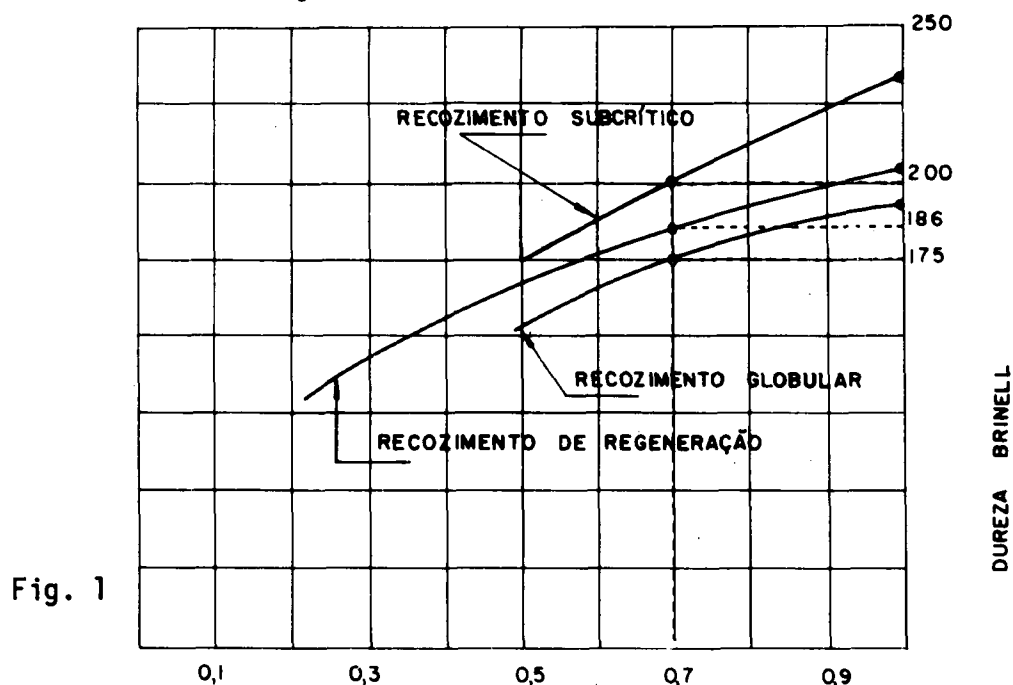
o material, ainda que as durezas obtidas sejam maiores que as que se conseguem quando o aço é tratado por recozimento globular ou de regeneração. Geralmente, os aços e ferros fundidos empregados para a construção de maquinaria submetem-se a este tratamento, o qual é mais utilizado industrialmente por ser o mais econômico e rápido.

Na figura 1 pode-se observar as diferentes durezas medidas em Unidades Brinell, que se obtêm com os três tipos de recozimento. Assim por exemplo quando se tenha tratado em aço com 0,7% de carbono, as durezas conseguidas são as seguintes:

Com recozimento subcrítico - 200 Brinell

Com recozimento de regeneração - 186 Brinell

Com recozimento globular - 175 Brinell



#### OBSERVAÇÃO

PORCENTAGEM EM CARBONO (%)

Existe outro tratamento de recozimento denominado isotérmico, que consiste em aquecer o material a uma temperatura de 10 a 30°C acima da crítica superior, esfriá-lo em um banho quente de sais, a uma temperatura de 10 a 20°C abaixo da crítica inferior, mantendo o o tempo necessário (depende da espessura e composição química do aço) para que se verifique a transformação para depois esfriá-lo ao ar. Os tempos neste recozimento se determinam de acordo com as "curvas em S" dos aços.

Este recozimento se processa mais rápido que os já descritos e aplica-se especialmente para abrandar os aços-liga para ferramentas.



A têmpera tem por objetivo aumentar a dureza dos aços e ferros fundidos. O aumento de dureza varia como conteúdo de carbono do material, quer dizer con segue-se maior dureza quanto maior for a porcentagem de carbono.

O diagrama da figura 1 mostra a variação de dureza em Unidades Rockwell, obtidas ao temperar diferentes aços. Assim, pois, para uma lâmina de aço com 0,2% de carbono, a dureza é de 50 Rockwell C., enquanto que para uma lâmina de aço com 0,6% é de 64 Rockwell C. Em compensação, para um aço de maior espessura com 0,2% de carbono, a dureza é de 35 HRC e para 0,6% a dureza é de 57 HRC.

No processo de têmpera distingue-se três etapas: o aquecimento, a permanência na temperatura de têmpera e o esfriamento.

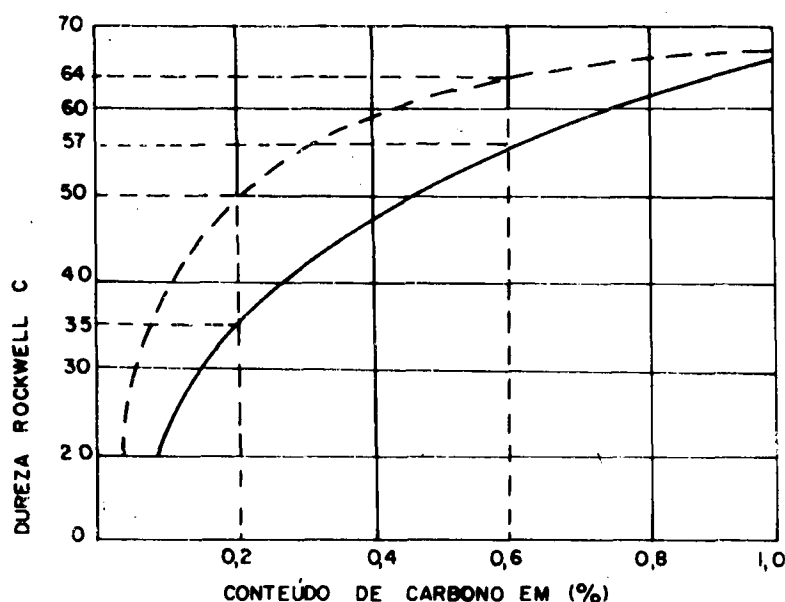


Fig. 1

----- DUREZA OBTIDA AO TEMPERAR AÇOS CUJAS  
ESPESSURAS VARIAM DE 4 a 15 mm

———— DUREZA OBTIDA AO TEMPERAR AÇOS MUITO DELGADOS

#### AQUECIMENTO

Geralmente as peças antes de serem levadas até a temperatura final requerida pelo tratamento, são preaquecidas a uma temperatura compreendida entre 500 a 600°C aproximadamente. Isto se faz com o objetivo de evitar trincas devido a tensões internas, as quais se produzem ao introduzir um material frio, em um forno que se acha a temperatura de têmpera.

Depois do preaquecimento, as peças são aquecidas de 40 a 60°C acima da temperatura correspondente ao ponto crítico superior.

As temperaturas de aquecimento para os ferros fundidos estão compreendidas entre 750 e 900°C.

Na prática, para determinar as temperaturas de têmpera dos aços SAE e aços comerciais, deve-se consultar as tabelas SAE e os catálogos que publicados pelos fabricantes.



Para os aços ao carbono, as temperaturas de têmpera em função do conteúdo de carbono são as seguintes:

PORCENTAGEM DE C	TEMPERATURA	PORCENTAGEM DE C	TEMPERATURA
%	(°C)	%	(°C)
0,1	925	0,8	780
0,2	900	0,9	775
0,3	870	1,0	770
0,4	840	1,1	770
0,5	830	1,2	765
0,6	810	1,3	760
0,7	790	1,4	760

#### PERMANÊNCIA À TEMPERATURA DE TÊMPERA

A duração do aquecimento varia de acordo com a espessura das peças e a composição do material. Geralmente os aços ao carbono são mantidos 5 minutos para cada 10mm de espessura, e os aços liga para esta mesma dimensão são mantidos 10 minutos.

É recomendável que a permanência das peças no forno não seja excessiva porque podem descarburar-se caso não estejam protegidas.

Quando o aquecimento é feito em banho de sais, a duração do tratamento é mais curta que nos fornos de câmara, uma vez que a transmissão de calor efetua-se rapidamente.

#### ESFRIAMENTO

O aço depois de ter alcançado no forno a temperatura de têmpera, deve ser esfriado rapidamente.

As propriedades finais do material temperado depende do meio de esfriamento utilizado, para o qual sua escolha deve ser cuidadosa, tendo em conta a composição química dos aços.

As velocidades de esfriamento variam de um aço para outro, sendo maiores para os aços ao carbono e menores para os aços liga.

Em geral, utiliza-se água para esfriar aços ao carbono. O óleo é usado para os aços-liga e para ferro fundidos. O esfriamento à ar comprimido ou ao ar livre é empregado para temperar aços de alta liga. Não obstante, ao mencionado anteriormente existem exceções por exemplo, um aço ferramenta de 1,10%C, com espessura menor que 3mm, é conveniente temperar-se em óleo e certos aços liga de mais de 10mm de espessura temperam-se em água.





Os fabricantes de aços indicam os meios de esfriamento que se deve utilizar em cada classe de material. A consulta destas recomendações deve-se fazer especialmente quando se está tratando um aço de composição especial (aço liga).

OBSERVAÇÕES

- a) O tempo transcorrido desde que se retira a peça do forno até sua imersão no banho, deve ser o mais breve possível, a permanência neste, deve permitir um esfriamento completo.
- b) As peças compridas ou de pouca espessura (eixos, brocas, lâminas, facas, e outras similares) devem ser aquecidas e esfriadas na posição vertical. Tal condição é conseguida com a utilização de suportes-guia, ou outros dispositivos especiais detalhadas na FIT ELEMENTOS DE TRABALHO PARA TRATAMENTO TÉRMICO.





INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA:

MEIOS DE ESFRIAMENTO  
(CARACTERÍSTICAS E CONDIÇÕES DE USO)

REF.: FIT.191

1/3

S E N A I

Em todos os tratamentos térmicos, as peças depois de terem sido aquecidas, esfriam-se em um meio que permita dar ao material as condições finais desejadas.

Os meios mais usados são: o próprio forno desligando-o ou outro especial para esfriamento muito lento, substâncias em pó tais como: cinza, areia ou outro material refratário, banhos de água, óleo, sais ou chumbo fundido, a ar ou à pressão.

*BANHOS DE ÁGUA*

Este meio se utiliza na tempera de aços ao carbono com baixo e médio teor deste elemento.

Os banhos de água devem manter-se a uma temperatura compreendida entre 15 e 26°C, não devem ter contaminação com sabão, devido a que este diminui o poder refrigerante do meio.

Para melhorar as propriedades refrigerantes do banho, é recomendável agregar a água uns 10% de sal comum, ou 5% de soda cáustica.

*BANHO DE ÓLEO*

Quando se requer um esfriamento com uma velocidade média, emprega-se como refrigerante o óleo, que geralmente é usado para temperar aços liga e aços com alto conteúdo de carbono.

Os banhos de óleo devem reunir certas condições, tais como: não variar demasiada sua viscosidade com a temperatura, pouca volatilidade, boa resistência à oxidação e ter uma temperatura de inflamação alta.

Estas características conseguem-se por destilação fracionária do petróleo.

Os óleos empregados como meio de esfriamento, devem ter no momento de uso de 40 a 60°C de temperatura, para obter-se os melhores resultados.

*BANHOS DE SAIS E CHUMBO FUNDIDO*

Quando se realizam os tratamentos isotérmicos, utilizam-se banhos de sais ou chumbo fundido para a etapa de esfriamento.

Com estes banhos obtêm-se uma boa velocidade de esfriamento, até a temperatura do banho quente, pela elevada condutibilidade térmica do mesmo.

Os sais mais empregados são o nitrito e nitrato de sódio e o nitrato de potássio, que se utilizam a temperaturas entre 150° e 400°C.

As misturas de sais mais comuns são as seguintes:

- 55% de nitrato de potássio e 45% de nitrato de sódio.
- 50% de nitrato de potássio e 50% de nitrato de sódio.

O cianeto de sódio e o carboneto de sódio, empregam-se nos banhos de esfriamento compreendidos entre 400 e 600°C. Comercialmente consegue-se preparados de sais com diferentes nomes. Para usar estas misturas deve-se consultar tabelas dos fabricantes.





### PRECAUÇÃO

*DEVE-SE EVITAR TRANSFERIR AS PEÇAS DIRETAMENTE DE UM BANHO QUE CONTENHA SAIS DE CIANETO A OUTRO DE NITRATOS OU NITRITOS, PORQUE EXISTE PERIGO DE EXPLOÇÃO.*

### AR

Este meio de esfriamento é muito utilizado em vários tratamentos térmicos.

O ar a pressão usa-se para temperar aços de alta liga.

O ar é utilizado como meio de esfriamento para a normalização e o revenido e no recozimento subcrítico. Também se emprega para a última etapa de esfriamento de tempera isotérmica e para aços temperáveis.

### SUBSTÂNCIAS SÓLIDAS EM PÓ

Utilizam-se especialmente nos laboratórios pequenos para esfriar lentamente os materiais. Usa-se cinza, areia, terra refratária ou outras substâncias incombustíveis e más condutoras de calor. Também pode rodear-se a peça com grossa camada de pó combustível, como carvão vegetal, serragem, casca de arroz, etc. e cobri-la finalmente com uma camada mais grossa de areia ou terra refratária.

### ESFRIAMENTO EM FORNO

É um processo muito usado industrialmente. Com ele consegue-se as velocidades de esfriamento mais baixas; para efetuá-lo desliga-se o forno e deixa-se esfriar com a tampa fechada; querendo baixar ainda mais a velocidade de esfriamento, acende-se periodicamente o forno, durante um certo espaço de tempo.

### PRECAUÇÃO

Lembre-se que nos fornos de combustão, para acendê-lo, deve-se primeiramente abrir a tampa do forno para evitar explosão.

### VELOCIDADE DE ESFRIAMENTO

As velocidades de esfriamento que proporcionam cada um destes meios são diferentes. Os esfriamentos mais rápidos conseguem-se com água e os mais lentos em fornos. Também o tamanho e forma das peças influem nesta velocidade, sendo mais rápidos, os esfriamentos de peças de pouco diâmetro e grande superfície de contato com o meio refrigerante.

Tomando como exemplo duas peças construídas com um mesmo aço e com diâmetros de 25 e 50 mm, as velocidades de esfriamento medidas em graus por segundo, utilizando diversos meios, são as que aparecem na tabela seguinte:

MEIO DE ESFRIAMENTO	DIÂMETROS	
	25 mm	50 mm
Água a 20°C	55 °C/seg	15 °C/seg
Óleo a 50°C	25 °C/seg	10 °C/seg
Ar a pressão	2 °C/seg	1 °C/seg
Ar	1 °C/seg	0,5 °C/seg

**CONDIÇÕES PARA O ESFRIAMENTO**

- As peças quando são introduzidas nos banhos de esfriamento devem ser agitadas energicamente com a finalidade de eliminar a camada de vapor que se produz ao redor da mesma, ao entrar em contato com a água ou o óleo (fig. 1). Esta camada de vapor pode produzir pontos brandos e tensões internas no material.
- As peças de forma alongada devem ser introduzidas em posição vertical e sua agitação deve realizar-se para cima e para baixo, segundo a figura 2.
- A quantidade do meio de esfriamento deve ser suficientemente grande, para que sua temperatura não se eleve demasiado enquanto se esfriam as peças quentes.
- Quando se usa ar a pressão, deve dar-se um movimento ao jato de ar ou à peça, com a finalidade de que esta se esfrie uniformemente; o mais aconselhável é utilizar um dispositivo para este fim (fig. 3).

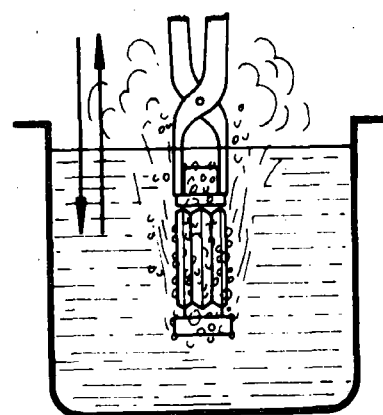


Fig. 1

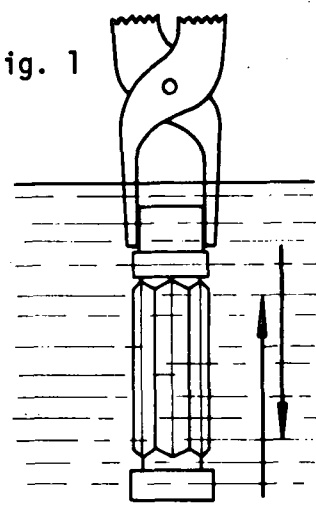


Fig. 2

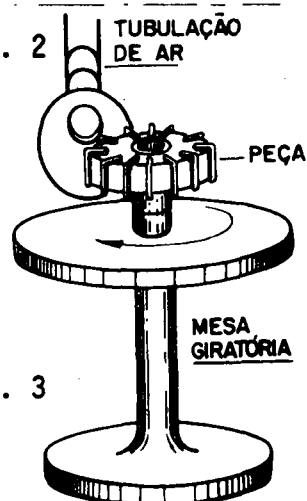


Fig. 3



Com o revenido diminui-se as tensões originadas nos aços e ferros fundidos, quando estes tenham sido temperados; aumenta a tenacidade e diminui a dureza.

As temperaturas de tratamento, o tempo de duração e o meio de esfriamento são os seguintes:

#### AQUECIMENTO

Geralmente o revenido se realiza em fornos de banho ou de circulação forçada a temperaturas compreendidas entre 150 e 650°C. Estas temperaturas variam de acordo com as características finais desejadas e ao tipo de material. Assim quanto mais altas forem as temperaturas de aquecimento, mais baixas serão as durezas obtidas.

Na figura 1 estão representadas as durezas conseguidas ao aquecer as diferentes temperaturas de revenido, dois aços ao carbono com conteúdo de 0,7 e 1% de carbono.

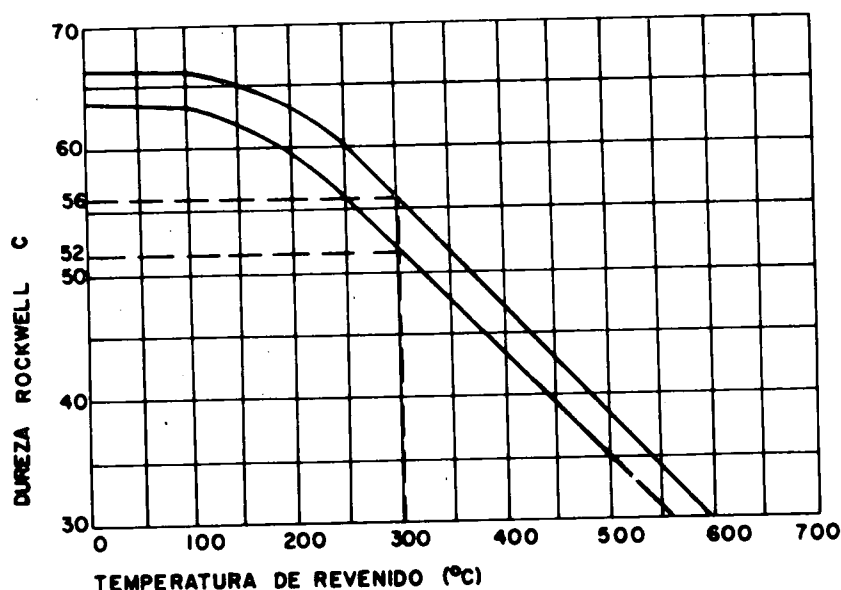


Fig. 1

Se por exemplo aquecemos os dois aços a 300°C, obtemos para o aço com 0,7%, 52 unidades ROCKWELL C e para o aço com 1%, 56 unidades.

Na figura 2 observa-se a variação de dureza quando se dá o revenido diferentes temperaturas, a dois aços de alta liga. O aço rápido quando revenido a 300°C fica com uma dureza de 61 ROCKWELL C; e o aço para trabalhos a quente fica com uma dureza de 50 ROCKWELL C. Também pode-se observar um curioso aumento de dureza por revenido "secundária" aos 570°C, para o aço rápido e aos 520°C no aço para trabalho a quente.

Os fabricantes proporcionam diagramas similares ao anterior, para todos os tipos de aço.

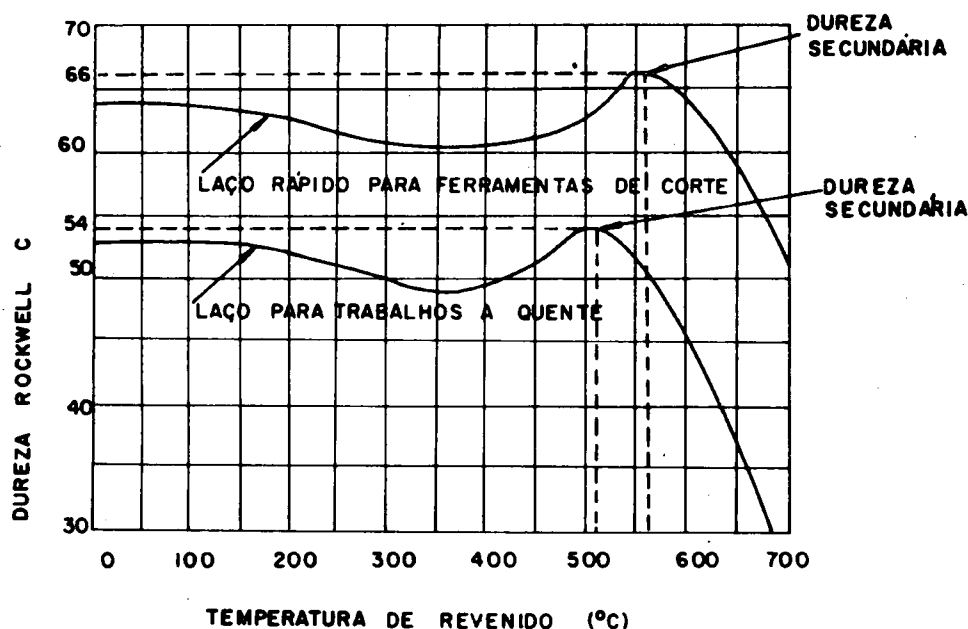


Fig. 2

#### PERMANÊNCIA E ESFRIAMENTO

A permanência à temperatura de revenido deve ser a mais prolongada possível, para obter resultados satisfatórios. O tempo pode calcular-se de 30 minutos a 2 horas para cada 10 mm, de espessura ou diâmetro das peças.

Depois desta permanência as peças são deixadas a esfriar ao ar.

#### OBSERVAÇÕES

- Quando o tratamento for feito em peças que vão ser submetidas a trabalhos a quente, a temperatura de revenido deverá ser pelo menos de 30°C mais altas que a temperatura de trabalho de tais peças.
- Em algumas ocasiões, se não se dispõe de pirômetro e quando não seja preciso condições finais muito exatas, utiliza-se para determinar a temperatura de revenido, a cor que adquirem os aços quando são aquecidos. Existem tabelas onde mostram-se as temperaturas correspondentes com as cores de revenido, as quais encontram-se nos catálogos dos fabricantes de aços.
- Os aços ao cromo níquel, que devem permanecer demasiado tempo a temperatura de revenido acima de 550°C, devem esfriar-se em água ou óleo, para evitar a fragilidade de revenido (doença de Krupp). Deve evitar-se revenir estes aços, a temperaturas entre 450 e 500°C. Porém se estes aços contenham molibdeno, o perigo de fragilidade praticamente não existe.





Neste tipo de forno é feita uma circulação de ar, dentro da câmara de aquecimento, através de um ventilador que se encontra acoplado a mencionada câmara.

Utiliza-se para revenir ou para pré-aquecer as peças que vão ser tratadas termicamente, conseguindo-se um aquecimento mais uniforme.

#### CONSTITUIÇÃO

Os fornos de circulação forçada estão constituídos pelas partes indicadas na figura 1.

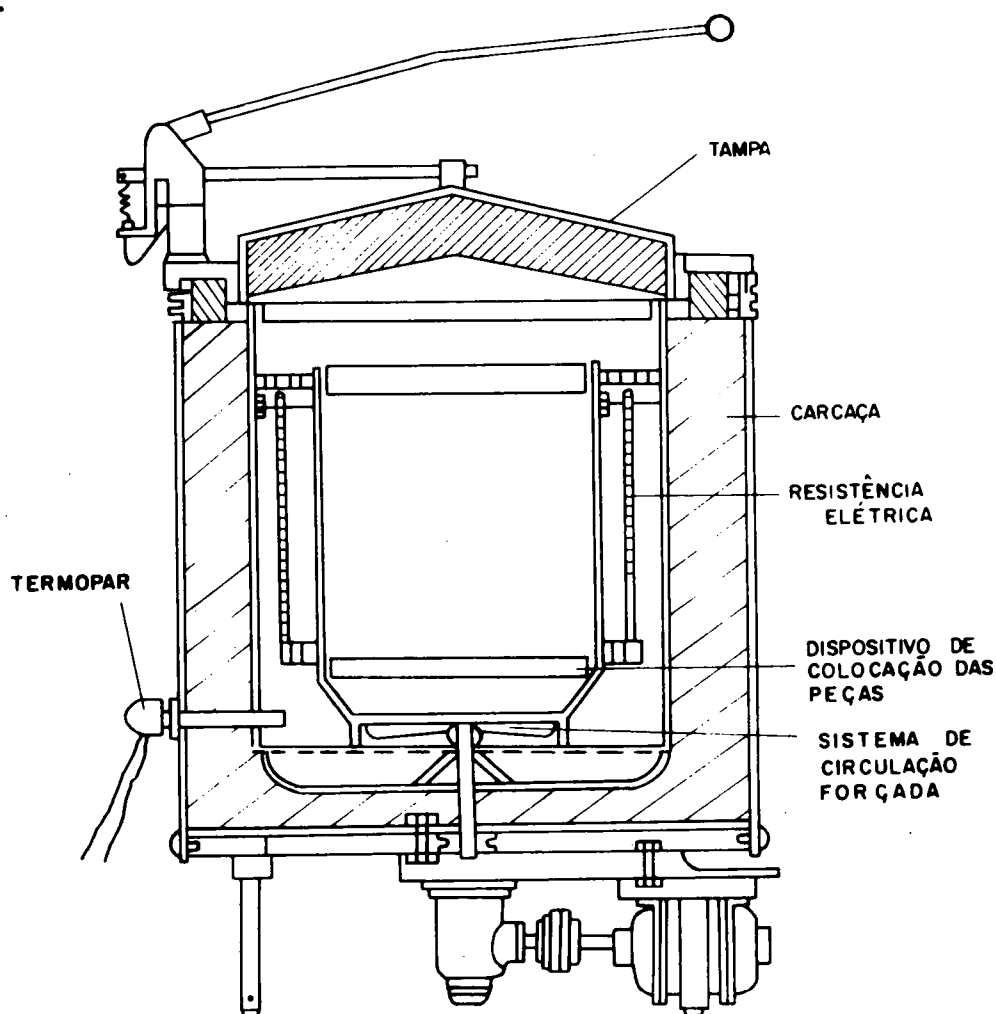


Fig. 1

#### Tampa

É a parte superior do forno que serve para fechá-lo hermeticamente. Possui uma alavanca que facilita seu manejo e assegura um ajuste com pressão no fechamento.

#### Carcaça

Está constituída por duas chapas de aço: uma exterior e uma interior em aço refratário para suportar temperaturas elevadas. Na parte intermediária leva material refratário, que serve para evitar a perda de calor com o meio ambiente.

*Resistor elétrico*

É o elemento que transforma a energia elétrica em energia calorífica, atuando como fonte de calor. Está constituída por fio ou fita, construídas com uma liga especial de metais, geralmente a base de cromo e níquel ou varetas refratárias à base de silício ou carboneto de silício. Os resistores estão situados na parte interior da carcaça ligando-se a linha de corrente elétrica.

*Dispositivo de colocação das peças*

As peças que vão ser tratadas, são colocadas no forno em um cesto de aço, o qual apresenta orifícios por onde circula o ar quente.

*Sistema de circulação forçada*

Um ventilador ou tubo ventilador interno acoplado a um motor que lhe dá movimento, fazendo circular o ar dentro do forno.

*Par termoeletrico*

Para medir a temperatura, o forno leva um par termoeletrico situado na câmara de aquecimento, estando unido a um aparelho indicador de temperaturas.

**FUNCIONAMENTO**

Uma vez que o forno acha-se ligado, aciona-se o sistema de circulação forçada, o qual faz circular o ar, fazendo-o passar entre os resistores. O ar aquecido circula ao redor das peças, aquecendo-as progressiva e uniformemente.

Este ciclo repete-se durante toda a operação, até conseguir a temperatura do tratamento que se está realizando.

**OBSERVAÇÃO**

Os fornos de combustão, também podem considerar-se de circulação forçada, embora nem sempre se consiga uniformidade de temperatura em todas as zonas da câmara do forno, como ocorre com os elétricos com ventilador ou turbo ventilador.

**TIPOS**

As dimensões, forma, construção e capacidade destes fornos é muito variável dependendo da quantidade, tamanho das peças que vão ser tratadas, temperatura de trabalho, tipo de tratamento a realizar e a classe de atmosfera circulante.

**VANTAGENS**

A principal vantagem destes fornos é a rapidez de aquecimento e a distribuição uniforme de calor nas peças, pelo qual utilizam-se com muito bons resultados, para realizar o tratamento térmico de revenido. Também os fornos especiais para tratar com gás, são de circulação forçada.

Emprega-se este tratamento para evitar as deformações, rupturas, trincas e tensões internas que podem aparecer quando se tratam ligas ferrosas com têmpera comum, e especialmente em peças de elevado teor de carbono com formato complicado e de grandes diferenças de secção.

#### TIPOS

Existem dois tipos de têmpera isotérmica denominados Austêmpera e Martêmpera, diferenciando-se um do outro, pelo tempo de permanência das peças no banho de esfriamento e pela temperatura deste.

#### Austêmpera

Também denominado têmpera de fase intermediária ou têmpera bainítica; para efetuá-lo aquece-se o material a uma temperatura igual a usada na têmpera comum, esfriando-o imediatamente em um banho quente de sais ou chumbo fundido, os quais devem estar geralmente a temperaturas entre 250 e 550°C. Estas temperaturas variam de acordo com a composição química dos aços.

As peças devem ser mantidas no banho quente em tempo prolongado, de acordo com a composição do aço e depois esfriadas no ar.

Os fabricantes fornecem para cada tipo de material diagramas denominados "curvas em S", por meio dos quais determina-se o tempo de permanência do aço no banho de esfriamento.

A figura 1 mostra, em linha tracejada, a Curva do S" para um aço de 0,8% de carbono e em linha cheia a curva de esfriamento que se deve dar a este aço, observando-se que, depois do aquecimento a 780°C transfere-se rapidamente a peça para o banho que se acha a 300°C.

A linha de esfriamento corta a "Curva em S" no ponto correspondente a 2040 segundos, (34 minutos), o qual nos indica o tempo de permanência deste aço no banho quente, para que se realizem as transformações estruturais intermediárias que determinem as propriedades mecânicas desejadas na peça.

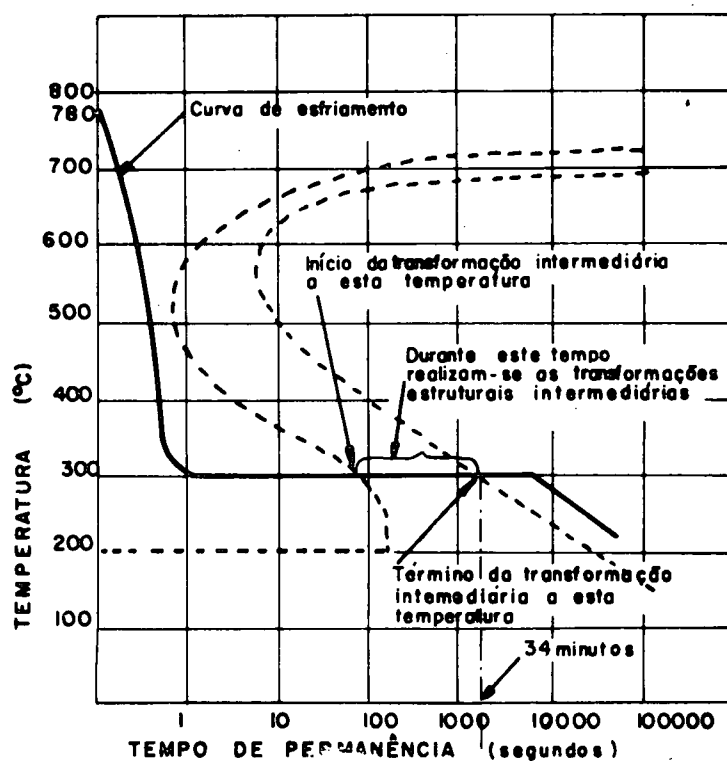


Fig. 1



O tratamento de Austêmpera é utilizado para temperar peças pequenas construídas em aço ao carbono ou de liga média; aplica-se também para destruir o efeito de estiramento de arames especiais, por exemplo: o chamado corda de piano. Em todos os casos obtêm-se maior tenacidade sem diminuir a dureza.

### Martêmpera

Neste tratamento depois de aquecer o material a temperatura de têmpera, esfria-se rapidamente o material em um banho de sais a temperaturas compreendidas entre 200 e 400°C. Estas temperaturas variam com a composição química dos aços.

As peças são mantidas no banho quente durante o tempo não tão prolongado como no tratamento de Austêmpera, mais sim uma permanência curta até que se iguale a temperatura em todo o material, depois do qual esfria-se ao ar.

A figura 2 mostra, em detalhe a curva de esfriamento para o mesmo aço com 0,8% de carbono, o qual foi tratado por Martêmpera, esfriando-se em um banho a 250°. O tempo limite de permanência neste banho está indicado onde a "Curva em S" é cortada pela linha horizontal tracejada, que indica o princípio da transformação de têmpera, neste caso é de 180 segundos (3 minutos).

Este tratamento é recomendado para a têmpera de aços ligas, usados na fabricação de engrenagens, punções e matrizes de formas complicadas, aros para rolamento, em geral peças nas quais deseja-se aumentar a dureza e a tenacidade do material sem perigo de deformações. Depois que o material tenha recebido o tratamento de Martêmpera, dá-se-lhe um revenido.

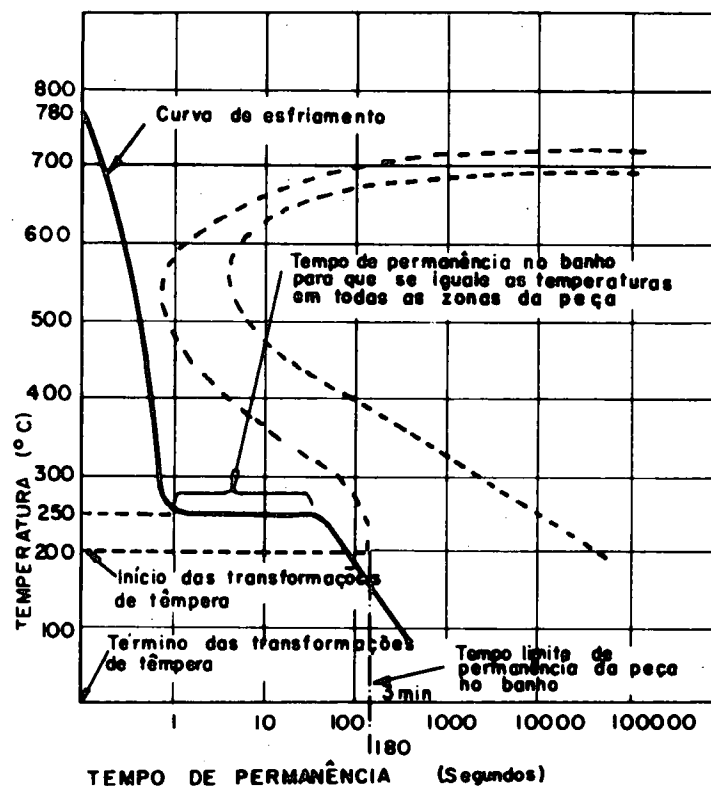


Fig. 2



Este tratamento aplica-se, geralmente, às peças de grande tamanho, ou de formas complicadas, que não podem ser temperadas em forno de câmara ou de banho, e quando se necessita endurecer somente alguma zona, ou toda peça, superficialmente, deixando o núcleo com suas propriedades primitivas.

#### *CARACTERÍSTICA*

A principal característica deste tratamento, é que o aquecimento se efetua com chama oxiacetilênica e o esfriamento é feito quase simultâneo, depois que a peça tenha alcançado a temperatura de têmpera.

#### *DISPOSITIVOS PARA TEMPERAR*

Estão providos de um bocal com duas conexões independentes: uma para o maçarico e outra para a água, permitindo assim, aquecer e esfriar, quase simultaneamente, a peça. Os bocais são intercambiáveis, apresentando diversas formas que se adaptam ao perfil da peça que se está tratando (fig. 1).

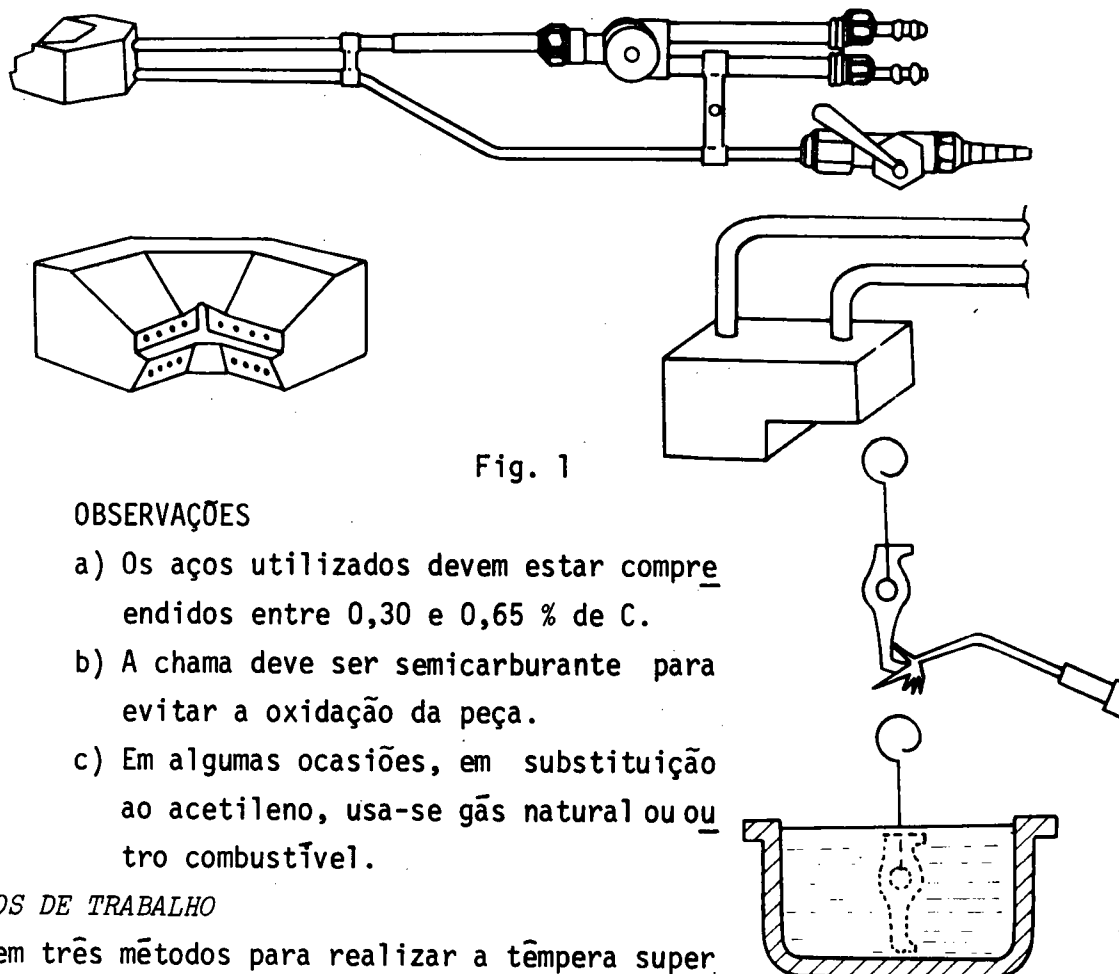


Fig. 1

#### *OBSERVAÇÕES*

- a) Os aços utilizados devem estar compreendidos entre 0,30 e 0,65 % de C.
- b) A chama deve ser semicarburante para evitar a oxidação da peça.
- c) Em algumas ocasiões, em substituição ao acetileno, usa-se gás natural ou outro combustível.

#### *MÉTODOS DE TRABALHO*

Existem três métodos para realizar a têmpera superficial por chama: estacionário, progressivo e combinado.

#### *MÉTODO ESTACIONÁRIO OU TÊMPERA LOCALIZADA*

Consiste em aplicar a chama sobre a peça, até alcançar a temperatura de têmpera, esfriando-a imediatamente em um banho de óleo ou água (fig. 2). Este método é utilizado para temperar peças pequenas ou partes de uma peça grande, executando-se manualmente, utilizando um maçarico comum.

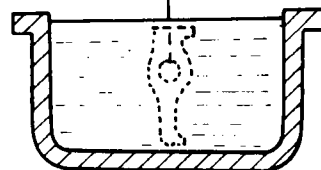


Fig. 2

**MÉTODO PROGRESSIVO**

Neste caso, a peça move-se e o maçarico permanece fixo. O esfriamento é aplicado imediatamente após a chama ter aquecido a peça, e é conseguido utilizando um dispositivo de têmpera (fig. 3).

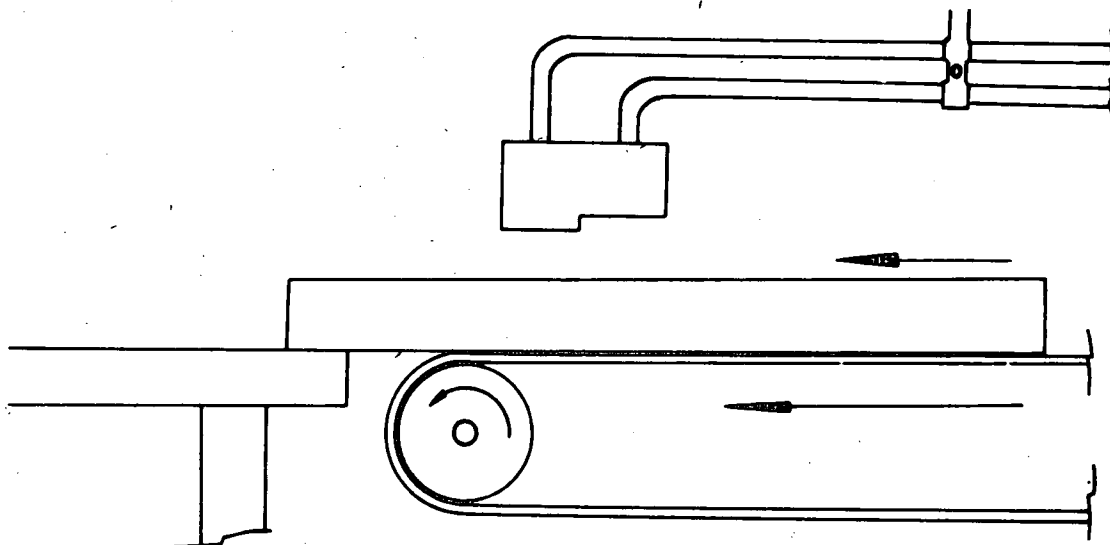


Fig. 3

Emprega-se este método quando se vai temperar peças de grande comprimento ou grande quantidade de peças pequenas e iguais. Em ambos os casos as peças são colocadas sobre uma fita metálica a qual avança, lentamente, posicionando as peças embaixo do bocal.

Existe uma variante deste método, que consiste em manter fixa a peça e fazer deslocar o dispositivo de têmpera ao longo da mesma.

**MÉTODO COMBINADO**

Quando a peça e o maçarico se movem simultaneamente, a têmpera superficial denomina-se combinado. Neste método, são utilizadas máquinas especiais aplicando-se geralmente em peças cilíndricas e de grande tamanho.

O deslocamento do dispositivo de têmpera se realiza em um sentido longitudinal e o movimento da peça, progressivamente, em forma circular com a finalidade de temperar todas as zonas da peça.

**CAMADA SUPERFICIAL**

As durezas obtidas por meio deste tratamento variam entre 53 e 62 Rockwell C, obtendo-se profundidades desde 1 a 5 mm, dependendo da COMPOSIÇÃO DO AÇO e da VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA CHAMA, que pode variar entre 5 e 40 cm por minuto.

Também se pode dar uma camada superficial dura às peças, temperando-as por meio de corrente de alta frequência.

Este tratamento é utilizado em peças pequenas ou zonas limitadas de peças de grande tamanho. Seu uso tem-se generalizado, especialmente na têmpera superficial de eixos de transmissão, virabrequins e eixos de comando.

#### DISPOSITIVOS PARA TEMPERAR

Neste tratamento, para gerar corrente de alta frequência, e para convertê-la em calor, utiliza-se, basicamente, uma instalação constituída de um gerador e uma bobina indutora, dentro da qual se coloca a peça (fig. 1).

#### GERADOR

É um equipamento construído para produzir correntes de alta frequência. Existem vários tipos, sendo os mais utilizados para a têmpera superficial, os denominados; motor gerador, gerador por válvulas eletrônicas e gerador de centelhas.

Os motores geradores trabalham com frequência de 1000 a 25000 hertz por segundo e empregam-se para dar camadas superficiais profundas.

O gerador de válvulas se utiliza para dar camadas delgadas, trabalhando com frequências compreendidas entre 100.000 e 5.000.000 de hertz por segundo.

O gerador de centelha se utiliza para frequências e espessuras de camadas intermediárias às mencionadas.

#### BOBINAS INDUTORAS

Estão construídas geralmente com tubo de cobre, dentro do qual circula água, para evitar seu superaquecimento durante o trabalho.

São diversas as formas de bobinas, adaptando-se ao tipo de peça que se vai tratar, como se pode ver na figura 2.

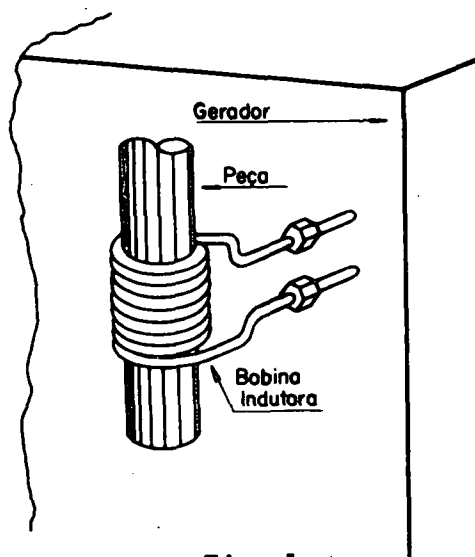


Fig. 1

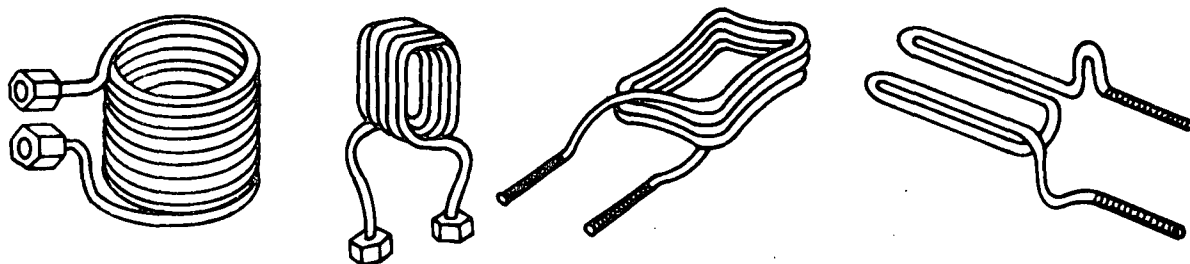


Fig. 2

Os dois extremos da bobina são ligados ao gerador e à rede de água para refrigeração.

### *FUNCIONAMENTO*

A corrente de alta frequência, proveniente do gerador, chega à bobina indutora, criando um campo magnético. Este, por indução eletromagnética, faz com que a peça que se acha colocada dentro da bobina, se aqueça rapidamente, con seguindo-se elevadas temperaturas.

### *MÉTODOS DE TRABALHO*

Existem dois métodos para realizar a têmpera por alta frequência: simples e contínuo.

#### *Simple*

Neste caso põe-se em contato a zona da peça com a bobina indutora, espera-se até que a peça esteja aquecida e, imediatamente, esfria-se com um jato d'água ou se introduz em um banho de óleo. Este processo é aplicado a peças ou zo nas pequenas.

#### *Contínuo*

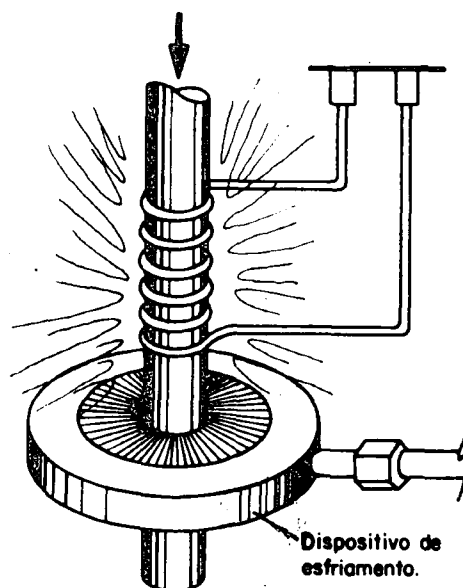
Quando as zonas superficiais a temperar são grandes, por exemplo, um eixo de grande com primento, utiliza-se este processo, que con siste em aquecer e esfriar progressivamente, para o qual usam-se dispositivos especiais, como indica a figura 3.

### *PROFUNDIDADE DA CAMADA DURA*

A profundidade da camada varia de acordo com a frequência utilizada e o tempo de permanência da peça dentro da bobina indutora. Em regra geral, quanto maior for a frequência, menor será a profundidade obtida.

Assim, um eixo de aço de 15 mm de diâmetro, receberá uma têmpera total, ao ser aquecido com uma frequência de 2000 hertz aproximadamente. Se ao mesmo eixo queremos temperá-lo, somente a uma profundidade de 2,5 mm, deveremos aplicar 10.000 hertz de frequência.

Da mesma maneira ao aumentar o tempo de aplicação de alta frequência, aumenta a profundidade da camada dura. Assim, utilizando um equipamento de 500.000 hertz, se obtém profundidades de 2 mm, quando a permanência é de 1 segundo; se a permanência for de 2 segundos a profundidade conseguida é de 3 mm. Em geral, a regulagem dos fatores elétricos e do tempo, com respeito à peça e às espessuras da camada desejada, efetua-se empiricamente, ensaiando em corpos de prova rejeitados. Não obstante, os fabricantes destas máquinas fa zem com que as acompanhem indicações e tabelas, que podem utilizar-se como marco de referência.



**Fig. 3**





Para que as peças de aço adquiram uma camada superficial de grande dureza e resistência ao desgaste por atrito, são tratadas em um meio especial que po de estar constituído por substâncias sólidas, líquidas ou gasosas, as quais permitem que o material modifique sua composição química superficial mediante a absorção de um elemento endurecedor que pode ser carbono e/ou nitrogênio.

A espessura da camada endurecida depende do meio utilizado, da temperatura e do tempo de permanência do processo.

Estes tratamentos são usados especialmente nos aços de baixo teor de carbono, sendo realizado dentro de caixas fechadas em fornos de câmara, diretamente em banhos de sais, ou atmosfera gasosa.

#### CARACTERÍSTICAS

As peças após tratadas termoquimicamente ficam compostas por duas zonas principais de composição química diferente: o núcleo e a periferia endurecida (figura 1).

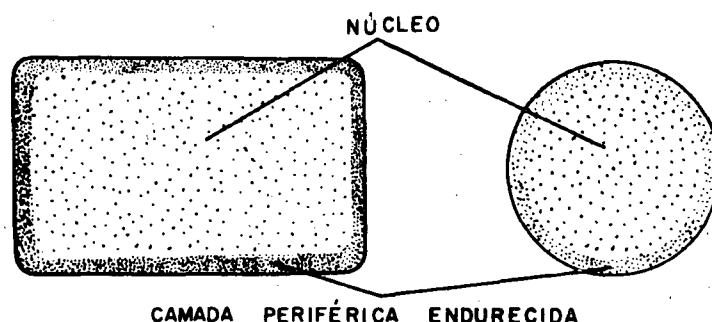


Fig. 1

O núcleo fica com a composição química inicial do material e a periferia com um alto teor de carbono e/ou nitrogênio, elementos que foram absorvidos durante o tratamento.

#### TIPOS

Os tratamentos termoquímicos mais usados são: a cementação, cianetação, nitratação e carbonitretação.

#### CEMENTAÇÃO

Consiste em dar ao material uma delgada camada superficial dura, aquecendo-o a altas temperaturas em um meio rico em carbono.

Pode-se realizar a cementação, utilizando como meios cementantes substâncias sólidas, líquidas ou gasosas.



### *CIANETAÇÃO*

Emprega-se para endurecer superficialmente peças de aço geralmente de pequeno tamanho, empregando para o tratamento, um banho que contém sais a base de cianetos. A camada é de pouca espessura e o tempo de tratamento relativamente curto.

### *NITRITAÇÃO*

Neste tratamento as peças absorvem nitrogênio ao serem aquecidas em um meio rico deste elemento, ficando com uma superfície dura e resistente ao desgaste, ao trabalho a quente e a ação corrosiva da água.

Antes da nitritação, o material deve ser submetido a têmpera e revenido prêvio. A espessura da camada é relativamente pequena e a duração do tratamento é longo.

### *CARBONITRETAÇÃO*

É um tratamento combinado de carbonetação e nitretação que se pode aplicar a todos os aços. A periferia do material que se submete a este tratamento absorve carbono e nitrogênio, elementos que lhe conferem grande dureza superficial.

### *OBSERVAÇÃO*

Existem além dos tratamentos termoquímicos já descritos outros de nominados SULFANIZAÇÃO E NITRETAÇÃO BRANDA.

A sulfanização é empregada para melhorar a resistência ao desgaste dos aços, sem aumentar apreciavelmente a dureza na camada sulfanizada; isto se consegue introduzindo enxofre no aço.

Na sulfanização usam-se banhos de sais de composição especial e o tratamento é realizado a temperaturas compreendidas entre 520 a 580°C.

A nitretação branda confere ao aço notáveis propriedades contra o desgaste. Executa-se em banhos de sais a temperaturas de 520 a 580°C; aplica-se a qualquer tipo de aço e também em ferro fundidos.

Os tempos de tratamento variam de 90 a 120 minutos e a espessura da camada externa denominada "camada branca" ou "zonas de compos-tos" têm uma espessura de 0,002 mm aproximadamente.

### *TRATAMENTO FINAL*

Para melhorar as características mecânicas do aço, após alguns dos tratamentos termoquímicos, submete-se a têmpera e revenido. As peças ficam com uma superfície de grande dureza e com boa tenacidade no núcleo.



Com este tratamento termoquímico consegue-se aumentar o teor de carbono na superfície do aço, conseguindo que este fique mais duro e mais resistente ao desgaste, conservando o núcleo com as propriedades físicas iniciais.

#### *CARACTERÍSTICAS*

Este tratamento tem duas características principais:

- a) Necessita-se de caixas especiais para realizá-lo, as quais uma vez preparadas se introduzem na câmara de um forno.
- b) O meio carburante utilizado é uma substância sólida preparada em forma de grãos de 20 a 25 mm de diâmetro, rodeadas por uma película de pó ativante aderida aos grãos de carvão vegetal por aglomerantes, tais como pintura asfáltica, melão, etc.

#### *MEIOS CARBURANTES*

Os meios carburantes sólidos mais utilizados são os carvões vegetais duros, em forma de grãos misturados uniformemente com carbonatos de bório, cálcio ou sódio em forma de pó, e as vezes também com melão ou pintura asfáltica em estado líquido as quais, atuam como portadores e aglomerantes.

As misturas preparadas com estas substâncias, são fornecidas por firmas comerciais especializadas, sendo uma das mais conhecidas a denominada "carbo cimento",

#### *ETAPAS*

Na cementação, distinguem-se três etapas: aquecimento, permanência e tratamento final.

#### *AQUECIMENTO*

As temperaturas de aquecimento estão compreendidas teoricamente entre 800 e 1000°C, sendo a mais aconselhável a de 925°C.

O aquecimento deve ser realizado a estas temperaturas elevadas, para que o aço possa dissolver e difundir através de sua estrutura cristalográfica o carbono no tempo mais breve, porém se a temperatura é demasiadamente elevada, o tamanho do grão cresce muito através do tempo, o qual traz como consequência uma estrutura frágil; por este motivo não convém ultrapassar a temperatura aconselhada.

#### *TEMPO DE PERMANÊNCIA*

Nos aços que vão ser cementados, o tempo de permanência na temperatura de tratamento, depende da espessura que se deseja dar a camada cementada, devendo ter-se em conta que a espessura de tal camada depende da temperatura, do tempo de permanência nesta, da composição química do cementante e composição química do aço, por exemplo: em um aço cromo níquel a 925°C, e com permanência de quatro horas, obtém-se uma camada de 0,8 mm; com seis horas a espessura conseguida é de 1,6 mm (fig.1). Com respeito a temperatura o mesmo

aço em quatro horas, a espessura conseguida a  $875^{\circ}\text{C}$  é de 0,4 mm e a  $950^{\circ}\text{C}$  1,2 mm de camada.

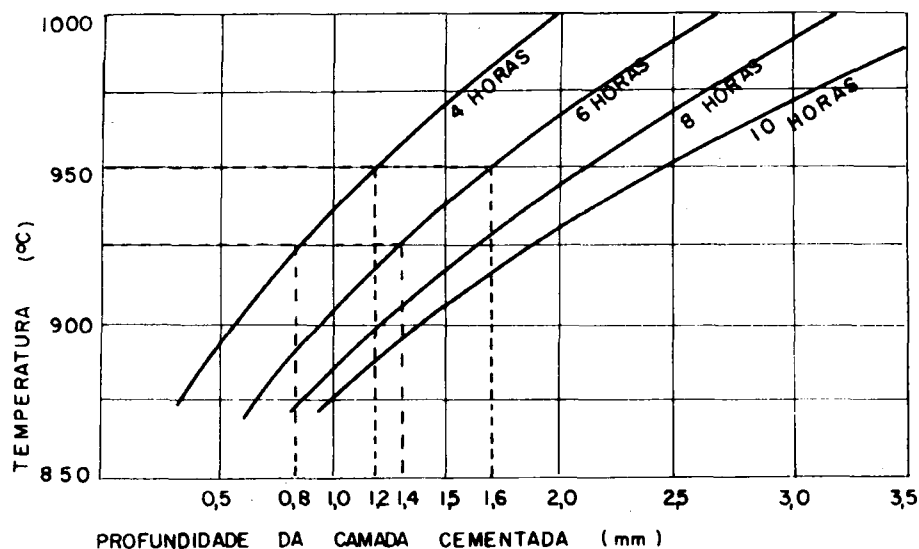


Fig. 1

#### OBSERVAÇÃO

É conveniente que o teor de carbono da camada superficial não exceda a 0,9% C, porquanto existe perigo de que a camada cementada fique frágil tendendo a descascar-se, ou fissurar-se durante a retificação ou durante suas funções de serviço que normalmente irá prestar a peça. Isto, soluciona-se mediante um recozimento de difusão a temperatura de 850 a  $925^{\circ}\text{C}$ , de uma a duas horas em atmosfera neutra.

#### TRATAMENTO FINAL

As peças uma vez cementadas são submetidas a um ciclo de tratamentos com o objetivo de refinar a textura grosseira (grão grosso) e conseguir as propriedades físicas necessárias. A peça cementada pode ser considerada praticamente como dois aços diferentes; o núcleo e a camada cementada. Esta última, por sua vez, varia a composição química desde a superfície até seu início. Cada uma destas composições químicas tem um ponto crítico diferente; por este motivo nestes ciclos submete-se as peças a temperaturas diferentes.

#### TEMPERATURA DIRETA E REVENIDO (FIG. 2)

Terminada a cementação retira-se a peça e nesta mesma temperatura é esfriada diretamente em água ou óleo.

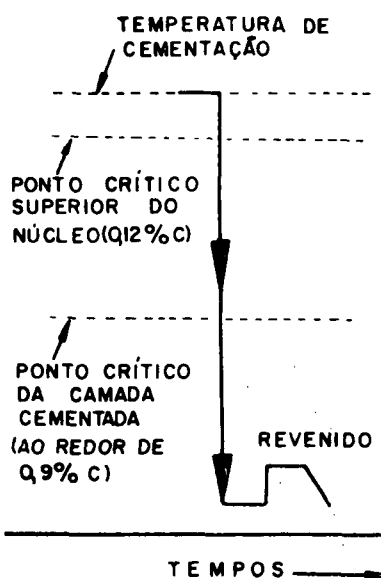


Fig. 2

Executa-se, de preferência, em peças cementadas em banhos e as vezes por gás, raramente em caixas. Os aços devem ser de baixa liga ou ao carbono de grão fino.

*ESFRIAMENTO LENTO, TEMPERA A TEMPERATURA LIGEIRAMENTE SUPERIOR AO PONTO CRÍTICO INFERIOR E REVENIDO (FIG. 3)*

Esfria-se lentamente dentro do forno e logo aquece-se a uma temperatura situada entre o ponto crítico superior e inferior do núcleo; em seguida, esfria-se em água ou óleo segundo o tipo de aço e finalmente efetua-se o revenido a temperatura conveniente. Aplica-se a aços de alta liga e de grão fino, oferece pouco risco de deformações, porém, o núcleo tende a ficar com grão grosso.

*ESFRIAMENTO LENTO, TEMPERA A TEMPERATURA LIGEIRAMENTE ACIMA DO PONTO CRÍTICO SUPERIOR E REVENIDO (FIG. 4)*

Aquecimento a uma temperatura ligeiramente inferior ao ponto crítico superior do núcleo, temperando-se em água ou óleo. O núcleo fica com granulação fina e máxima resistência, porém a camada cementada tende a ficar com granulação grossa; usa-se em aços de liga média e de grão fino quando se necessita a máxima resistência no núcleo, por exemplo em peças de aviões e automóveis.

*ESFRIAMENTO LENTO*

*DUPLA TEMPERA E REVENIDO (FIG. 5)*

Deixa-se esfriar no forno e logo é aquecido a temperatura ligeiramente acima do ponto crítico superior do núcleo, esfria-se em água ou óleo; depois, torna-se a aquecer porém, a uma temperatura ligeiramente superior ao ponto crítico da camada cementada (esta tem um só ponto crítico devido a sua porcentagem de 0,9% C) o aquecimento da peça deve ser realizado a uma temperatura por volta de 770°C; esfriando-se

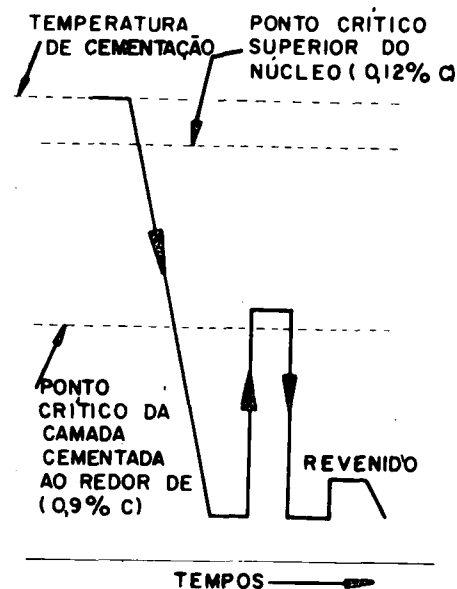


Fig. 3

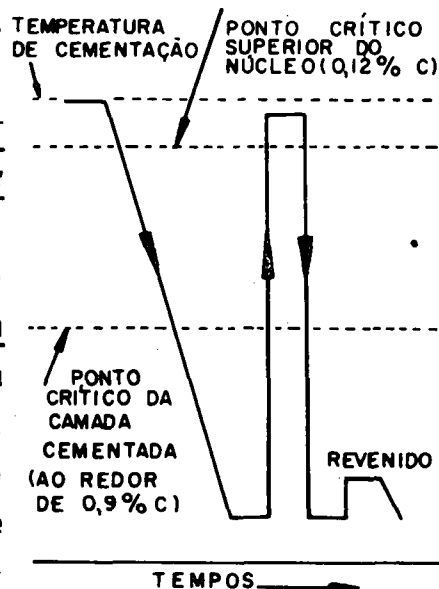


Fig. 4

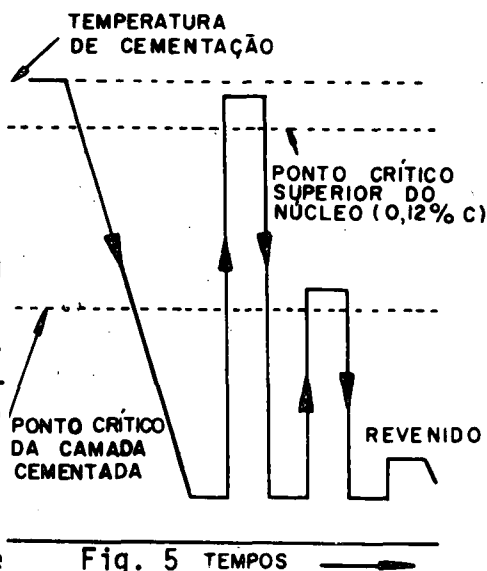


Fig. 5

novamente em água ou óleo.

Este tratamento é o melhor e o mais completo, aplicado a peças de responsabilidade em aços de liga média, aços ao carbono e em geral a todos de granulação grossa. Não é necessário por aços de grão fino.

TRATAMENTO ISOTÉRMICO (FIG. 6)

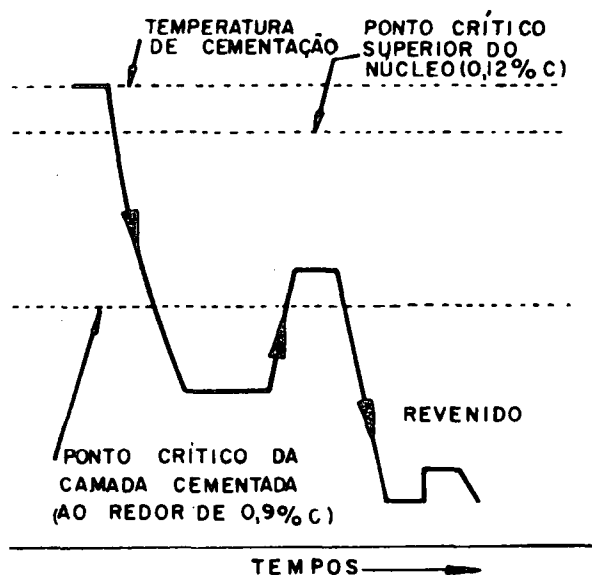


Fig. 6

Depois da cementação ao invés de esfriar em forno, ar ou óleo, se submerge em um banho de sais ou chumbo fundido a uma certa temperatura e durante um certo tempo que varia de acordo com a composição química do aço, tamanho das peças e propriedades físicas desejadas. Do banho quente transfere-se as peças para o forno para elevá-las a uma temperatura ligeiramente superior ao ponto crítico superior da camada cementada (a temperatura de aquecimento das peças está por volta de  $770^{\circ}\text{C}$ ) logo, tempera-se em água, óleo ou tempera-se isotermicamente segundo se explica na FO *temperar isotermicamente* e na FIT *tempera isotérmica*. Este tratamento é realizado quando se quer a máxima tenacidade no núcleo e reduzir as deformações ao mínimo.

#### OBSERVAÇÃO

Em todos estes tratamentos finais se realiza um revenido de  $150^{\circ}\text{C}$  a  $250^{\circ}\text{C}$  de acordo com a dureza final desejada.



Aplica-se a cementação com substâncias líquidas quando se deseja dar de forma rápida e uniforme, uma camada superficial dura em peças construídas em aço de baixo teor em carbono.

#### MEIO CEMENTANTE

Os meios utilizados nesta cementação são os banhos de sais a base de cianetos. Estes sais de base são misturados, em proporções variáveis, com sais inertes como por exemplo: um ou mais cloretos e/ou carbonatos de sódio aos que se adicionam como ativadores do processo, um ou mais cloretos ou fluoretos de sódio, bório, potássio, cálcio e estrôncio.

O poder de carburação dos banhos deve ser controlado mediante análises periódicas, recomendando-se fazê-la cada cinco ou oito horas de uso.

#### TEMPERATURAS DE CEMENTAÇÃO

As temperaturas de tratamento em banhos de sais variam entre 850 e 950°C, dependendo da profundidade da camada cementada que se deseja conseguir. A estas temperaturas os sais de cianeto desprendem o carbono, o qual é absorvido pela superfície do material durante todo o processo de cementação.

#### TEMPO DE PERMANÊNCIA

O tempo de permanência das peças no banho de sais está em função da temperatura e da profundidade desejada. Obtêm-se maiores espessuras na camada cementada quando a permanência e as temperaturas forem maiores. Na figura 1 pode-se observar as diferentes espessuras da camada cementada que se obtêm quando se aplica este tratamento a um aço ao carbono, aquecendo-o a diferentes temperaturas e com tempo de permanência variável.

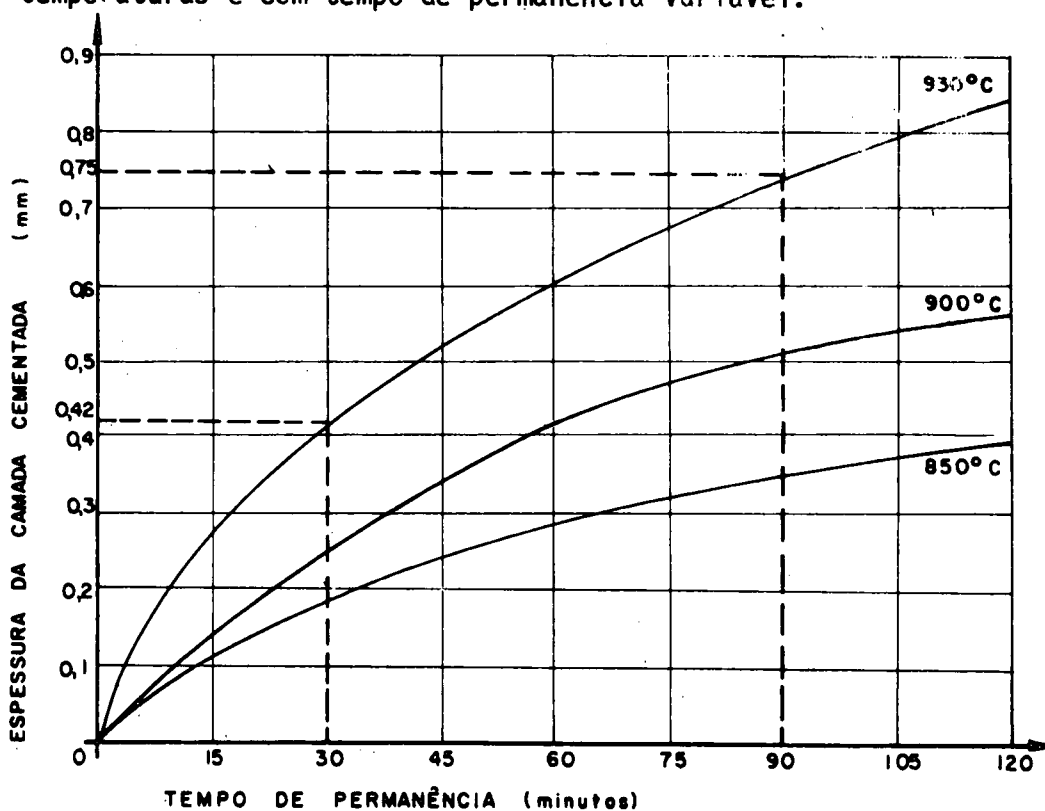


Fig. 1



Se o aço for aquecido a  $930^{\circ}\text{C}$ , por exemplo, a espessura da camada cementada é de 0,42 mm, quando ao tempo de permanência é de 30 minutos, e de 0,75 mm, se a permanência for de 90 minutos.

#### ESFRIAMENTO

Geralmente as peças depois de terem permanecido no meio carburante, são esfriadas ao ar, para em seguida serem temperadas e revenidas, selecionando para estes tratamentos as temperaturas e meios de esfriamento segundo a classe do aço.

De acordo com as exigências de trabalho a que devem ser submetidas tais peças, escolher-se-á um dos ciclos de tratamentos térmicos para peças cementadas, indicados na FIT. 198. Cementação (com substâncias sólidas).

#### LIMPEZA

Devido a que os sais utilizados na cementação são altamente corrosivos recomenda-se lavar as peças após retirá-las do banho, empregando água quente e cobrindo-as logo com óleo.

#### VANTAGENS

Em relação a cementação com substâncias sólidas, o tratamento em banho de sais tem as seguintes vantagens:

- a) Economia no tempo de aquecimento devido a que a transmissão de calor é mais rápida.
- b) Distribuição uniforme da temperatura em toda a peça, permitindo que a cementação seja mais homogênea.
- c) Menor perigo de deformação das peças.

#### DESVANTAGENS

- a) Alto custo dos sais.
- b) Perigo na manipulação devido a que os sais são tóxicos.





A cianetação é um tratamento semelhante ao da cementação com substâncias li-  
quidas, com a diferença de que as peças cianetadas se enriquecem com carbo-  
no e nitrogênio, ficando com uma delgada camada superficial dura.

#### BANHOS DE CIANETAÇÃO

Os banhos de cianetação são preparados misturando cianeto de sódio e potás-  
sio com sais inertes como carbonatos ou cloretos de sódio.

A porcentagem de cianeto nos banhos pode variar entre 20 e 50%. Durante o  
processo de cianetação deve ser controlado o teor de cianeto dos banhos, ge-  
ralmente cada 5 horas.

#### AQUECIMENTO

As temperaturas oscilam entre 750 e 900°C, dependendo do tipo de material e  
da profundidade da camada dura que deseja dar as peças.

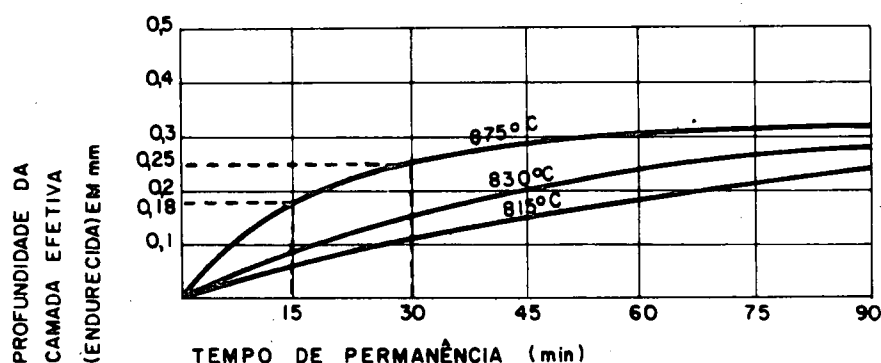
AS PEÇAS ANTES DE INTRODUZIDAS NO BANHO de sais fundidos, são pré-aquecidas  
a temperaturas compreendidas entre 350 e 550°C, para evitar deformações e  
trincas que se pode originar ao introduzir peças frias em um banho quente.

#### TEMPO DE PERMANÊNCIA

Para que o material introduzido em um banho de sais, absorva o carbono e o  
nitrogênio, deve permanecer à temperatura de trabalho geralmente de 15 a 90  
minutos.

Na figura 1 pode-se observar, para diversas temperaturas de aquecimento, a  
variação da profundidade da camada dura obtida, quando as peças são manti-  
das à diferentes tempos dentro do banho. Assim, quando cianetadas duas pe-  
ças a 875°C, a profundidade da camada com 15 minutos de permanência é de  
0,18 mm e a peça que tenha permanecido 30 minutos fica com uma camada de  
0,25 mm de espessura.

Fig. 1





*ESFRIAMENTO E TRATAMENTO FINAL*

As peças cianetadas geralmente se esfriam diretamente em banho de têmpera, para em seguida proceder a um revenido final.

Depois do revenido, as peças ficam com uma dureza superficial que varia entre 50 a 62 Rockwell C segundo a temperatura empregada.

**OBSERVAÇÃO**

As peças cianetadas devem ser lavadas com água quente, com o fim de limpar os sais de cianeto que são altamente corrosivos.

**PRECAUÇÃO**

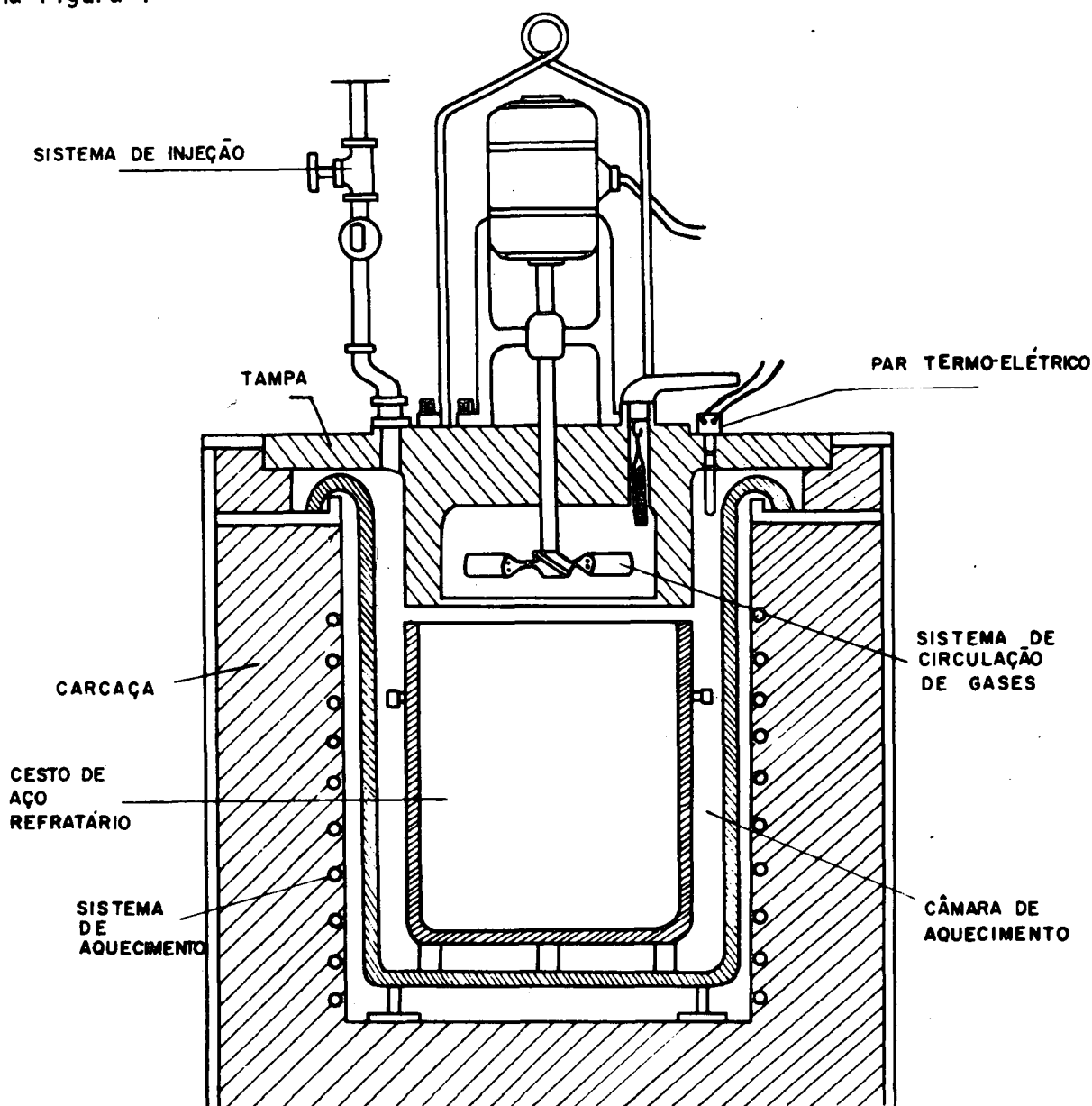
*DURANTE TODO O PROCESSO DE CIANETAÇÃO DEVE-SE TER CUIDADO AO MANIPULAR OS SAIS, POIS ESTES SÃO VENENOSOS.*

*TODAS AS PEÇAS A TRATAR, DEVEM ESTAR PERFEITAMENTE SECAS PARA EVITAR RESPINGOS OU EXPLOSÕES; PARA ISTO É CONVENIENTE SUBMETÊ-LAS A UM PRÉ-AQUECIMENTO.*

Nestes tipos de fornos executa-se os tratamentos termoquímicos com substâncias gasosas, para o qual, estão dotados de dispositivos que permitem produzir, regular, controlar, injetar e pôr em circulação os gases utilizados como meios de atmosferas cementantes, nitretantes, carbonitretantes ou neutras.

#### CONSTITUIÇÃO

As principais partes constitutivas deste tipo de forno são as que se mostram na figura 1



Tampa

Fig. 1

É de aço ou ferro fundido com revestimento de material refratário.

Leva montado na parte superior, o mecanismo de ajuste que permite um fechamento hermético, os dispositivos de injeção e circulação dos gases.

Possui também três orifícios, um para colocação dos corpos de prova, outro para acender a chama de segurança e outro para alojar o par termoeletrico.

*Carcça*

É de forma cilíndrica e está construída com chapa de aço.

A parede interna é de material refratário que serve para isolar o calor do forno com o ambiente exterior.

*Sistema de aquecimento*

O aquecimento é conseguido por meio de resistores elétricos situados na parede interna da estrutura refratária. A temperatura é controlada mediante um par termoeletrico, ligado ao aparelho indicador do pirômetro.

*Câmara de aquecimento*

Neste lugar acha-se colocado o dispositivo de sustentação das peças o qual apresenta perfurações que lhe dão aspecto de "cesto", o qual está apoiado sobre o fundo da câmara; estas perfurações permitem a circulação da atmosfera gasosa, entre as peças a tratar.

*Sistema de circulação dos gases*

Para pôr em circulação os gases, o sistema é dotado de um ventilador acoplado a um motor elétrico. O conjunto acha-se situado na parte central da tampa, em cima da câmara de aquecimento.

*Sistema de injeção*

Está constituído por uma tubulação unida a um registro regulador de fluxo e a um aparelho de controle visual, acoplando-se a um orifício da tampa do forno. Serve para injetar as substâncias utilizadas nos tratamentos termoquímicos.

**FUNCIONAMENTO**

Depois de ter introduzido as peças dentro do forno e fechado a tampa deste, aciona-se o sistema de aquecimento até alcançar a temperatura de injeção da substância. Neste momento, a substância gasosa ou líquida proveniente do dispositivo de alimentação, passa através da tubulação introduzindo-se na câmara de aquecimento.

Os gases são postos em circulação ao redor das peças que se vão tratar, por meio do acionamento do ventilador ou turboventilador.

**NORMAS**

Os fornos para tratamentos com gás, estão projetados em forma cilíndrica e sua capacidade é determinada de acordo com o peso das peças que se vão tratar podendo variar de 60 a 1000 quilogramas.

**VANTAGENS**

Quando se usam estes fornos para cementar com substâncias gasosas, nitretar ou carbonitretar, conseguem-se muito bons resultados, especialmente pela uniformidade e rapidez de aquecimento dos materiais que se vão tratar.



A cementação gasosa é de grande aplicação na indústria para endurecer superficialmente quantidades consideráveis de peças, médias e pequenas ou algumas de grandes dimensões.

#### *CARACTERÍSTICAS*

Duas características principais diferenciam este tratamento das cementações com substâncias sólidas ou líquidas:

- 1) Realiza-se em forno de atmosfera circulante.
- 2) O meio cementante utilizado é um gás.

#### *FORNOS DE CEMENTAÇÃO GASOSA*

Estão equipados com dispositivos especiais que permitem realizar os tratamentos.

#### *MEIOS CEMENTANTES*

Pode-se empregar principalmente dois meios cementantes: um gás que se introduz diretamente ou um líquido que se gaseifica ao ser injetado no forno.

#### *O GÁS*

O mais utilizado como meio de cementação é o metano, ainda que também se costuma usar o butano e o propano, denominados gases ativos ou cementantes. Estes gases se introduzem no forno misturados a um gás portador ou de complementação, que se prepara partindo de um gás combustível, para evitar a formação de fuligem sobre as peças e facilitar o processo de cementação. Ao elevar-se a temperatura do forno, a superfície do aço absorve o carbono nascente que se desprende dos gases de cementação.

#### *O LÍQUIDO*

O líquido usado como meio cementante é uma mistura de álcool com hidrocarbonante, que se injeta no forno quando este se encontra a uma temperatura de 650°C.

Comercialmente consegue-se esta mistura de líquidos cementantes já preparadas por empresas especializadas. Uma das mais conhecidas é chamada "Homocarb".



*AQUECIMENTO E PERMANÊNCIA*

Na cementação gasosa as temperaturas de aquecimento estão compreendidas entre 900 e 950°C, obtendo-se maiores espessuras da camada cementada, quanto maiores forem as temperaturas de tratamento e a permanência das peças a referida temperatura.

*ESFRIAMENTO E TRATAMENTO FINAL*

As peças cementadas são esfriadas no forno ou se esfriam em uma câmara de difusão de atmosfera neutra, para a qual são transportadas quando a temperatura for de 800°C.

Depois da cementação com gases, tempera-se e revinem-se as peças, com a finalidade de obter as características finais exigidas no aço, na FIT CEMENTAÇÃO (COM SUBSTÂNCIAS SÓLIDAS) pode-se escolher o ciclo de tratamento térmico que melhor se adapte a conseguir estas exigências.

*CAMADA CEMENTADA*

As espessuras da camada cementada que se obtêm com este tratamento variam geralmente de 0,50 a 1,50 mm, embora se possa obter espessuras maiores. A dureza da superfície das peças está compreendida entre 58 e 62 Rockwell C, segundo a temperatura de revenido.

*USOS*

Este tratamento termoquímico emprega-se em geral quando se quer endurecer superficialmente camadas de espessuras uniforme e relativamente grossas em peças de grandes dimensões, ou para cementar peças de pequeno porte em uma fábrica de produção em série.

É um tratamento muito utilizado pelos fabricantes de máquinas e automotores.



Emprega-se este tratamento quando se necessita dar ao aço boa resistência ao desgaste e máxima dureza superficial.

No processo de nitretação se distinguem quatro etapas: tratamento prévio, aquecimento, permanência e esfriamento.

#### TRATAMENTO PRÉVIO

Antes da nitretação, as peças devem estar temperadas e revenidas, para que o núcleo fique resistente.

Também as peças devem estar isentas de óleo ou óxidos, porque estes podem impedir a penetração de nitrogênio no material.

A limpeza pode ser feita com: gasolina; detergentes; banhos alcalinos de limpeza, ou com vapores de TRICLOROETILENO.

Quando se necessita que certas partes da peça não fiquem nitretadas, deve-se protegê-las com uma camada de estanho e chumbo, o qual se aplica submergindo as partes da peça, em um banho fundido desta liga.

Pode-se também dar a proteção mediante estanhagem eletrolítica ou utilizando uma pintura especial, fabricada à base de estanho em pó, chumbo e cromo.

#### AQUECIMENTO

As temperaturas de aquecimento para a nitretação variam de 500 a 540°C. A esta temperatura o nitrogênio se desassocia da amônia, usada como meio nitretante, o qual se injeta no forno, quando este se encontra a uma temperatura de aproximadamente 250°C.

#### PERMANÊNCIA

A permanência das peças à temperatura de nitretação, está em relação direta a espessura da camada nitretada que se deseja obter, conseguindo-se maiores profundidades, quanto maior for a duração do aquecimento.

Geralmente a permanência das peças na nitretação, pode variar de 10 a 80 horas, obtendo-se camadas nitretadas de profundidade variáveis compreendidas entre 0,25 a 0,65 mm. A figura 1, apresenta as espessuras conseguidas quando um aço é nitretado a 500°C.

Se o tempo de permanência é de 25 horas, a espessura da camada é de 0,4 mm porém, se o tempo aumenta por exemplo a 65 horas, a camada obtida é de 0,6 milímetros.

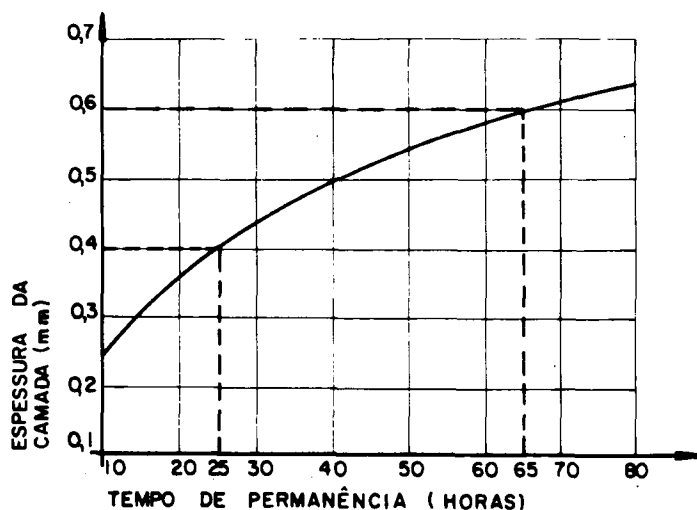


Fig. 1



### ESFRIAMENTO

Terminadas as etapas de aquecimento e permanência a temperatura de nitretação, as peças são esfriadas ao ar ou em câmara de atmosfera neutra.

Deve-se recordar que por ter-se dado as peças uma têmpera e um revenido antes da nitretação, não é necessário submetê-las a nenhum tratamento final.

### VANTAGENS

As principais vantagens que se conseguem com a nitretação dos aços são as seguintes:

- Grande dureza superficial entre 650 e 1100 unidades Vickers.
- Grande resistência a corrosão produzida por atmosfera úmida.
- Ausência de deformações nas peças tratadas.
- Mantém sua dureza superficial até a temperatura de 500°C.

### USOS

A nitretação é aplicada em aços liga com certos elementos, tais como cromo, alumínio, molibdeno e vanádio, por meio dos quais se obtêm as maiores durezas com suficiente tenacidade.

Todos os aços de nitretação contêm porcentagem de molibdeno, variando de 0,20 a 1%; este elemento evita o possível aparecimento da denominada doença de "Krupp" (fragilidade azul). O teor de carbono varia de 0,22 a 0,50%.

### DUREZA APÓS NITRETAÇÃO DE AÇOS TEMPERADOS E REVENIDOS A 650°C

TIPO DE AÇO	COMPOSIÇÕES								PERIFERIA H.V.	NÚCLEO CENTRAL RESISTÊNCIA Kg/mm <sup>2</sup>
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Al	Mo	V		
Cr-Al Mo	0,50	0,35	0,65	----	1,60	1,10	0,20	----	1.100	126
	0,40	0,35	0,65	----	1,60	1,10	0,20	----	1.100	98
	0,30	0,35	0,65	----	1,60	1,10	0,20	----	1.100	91
	0,25	0,35	0,65	----	1,60	1,10	0,20	----	1.100	76
ALTA % EM Cr	0,40	0,30	0,50	0,30	3,00	----	1,00	0,25	850	133
	0,30	0,30	0,45	0,50	3,00	----	0,40	----	850	100
	0,25	0,30	0,45	0,50	3,00	----	0,40	----	850	79
Cr-Mo V	0,35	0,30	0,50	----	2,00	----	0,25	0,15	750	98
	0,25	0,30	0,50	----	2,00	----	0,25	0,15	750	94
	0,22	0,30	0,50	----	2,00	----	0,25	0,15	750	83
Cr-Mo	0,30	0,30	0,60	0,60	1,00	----	1,20	----	650	92





A carbonitretação é um tratamento termoquímico combinado de carburação e nitretação, mediante a qual se dá dureza superficial aos aços aquecendo-os em um meio rico em carbono e nitrogênio.

O nitrogênio utilizado neste tratamento deriva da amônia e o carbono de substância líquida ou gasosa carburante.

A carbonitretação pode aplicar-se a quase todas as classes de aço; seu uso industrial é muito extenso, especialmente para peças submetidas ao atrito.

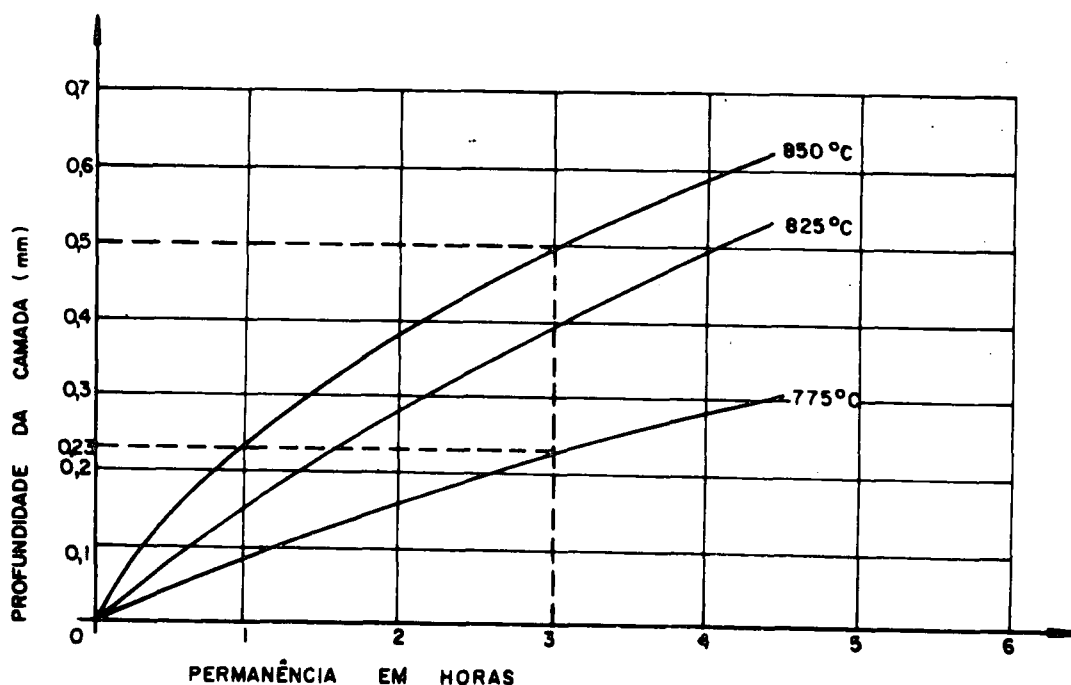
#### AQUECIMENTO

As temperaturas de aquecimento usuais na carbonitretação estão compreendidas entre 750 - 850°C, conseguindo-se maiores profundidades da camada superficial dura, quando a temperatura de tratamento é mais elevada.

#### PERMANÊNCIA

O tempo de permanência do aço a temperatura de carbonitretação pode variar geralmente de 30 minutos a 4 horas, dependendo do tipo de material e da espessura da camada carbonitretada que se deseja dar as peças. Quanto mais prolongada seja a permanência no forno a temperatura de tratamento, maior também será a profundidade da camada dura.

Na FIGURA 1 pode-se observar a variação de profundidade das camadas duras obtidas ao carbonitretar um aço ao carbono a diferentes temperaturas de aquecimento e diversas permanências no forno. Assim, por exemplo, com a permanência de 3 horas, obtêm-se profundidades de 0,5; 0,4; e 0,23 mm a temperaturas de 850, 825 e 775°C respectivamente.





#### ESFRIAMENTO

O esfriamento das peças carbonitretadas deve realizar-se após tirá-las do forno e geralmente é feito lentamente.

A têmpera e revenido final sempre devem ser dados às peças tratadas, para obter as durezas superficiais máximas, as quais variam entre 60 e 65 Rockwell C.

#### MEIOS CARBONITRETANTES

A carbonitretação se realiza de modo similar a cementação gasosa, tendo como única diferença a de que é necessário introduzir amoníaco dentro do forno, o qual junto com substâncias carburantes tais como metano ou um hidrocarburante líquido, constituem a atmosfera gasosa necessária que proporcionará carbono e nitrogênio para a superfície das peças.

Quando se usam hidrocarburantes líquidos e amoníaco, estes são injetados por gotas e sua gaseificação ocorre quando o forno está a altas temperaturas.

#### OBSERVAÇÃO

Também se pode carbonitretar em fornos de banho com sais a base de cianetos, introduzindo o amoníaco em forma gasosa mediante um dispositivo especial instalado no forno.

A composição dos sais neste caso é similar a utilizada para a cementação com substâncias líquidas.

#### VANTAGENS

As principais vantagens da carbonitretação são as seguintes:

- a) Os aços ao carbono carbonitretados podem ser temperados em óleo diminuindo deste modo o perigo de deformações e trincas de têmpera.
- b) Depois da têmpera final toda superfície da peça fica com uma dureza uniforme.
- c) Os aços carbonitretados e temperados, oferecem uma maior resistência ao abrandamento que as opostas pelos aços cementados, o qual permite sua aplicação sobre peças que devam trabalhar a quente a temperaturas entre 200 - 300°C.