

## 1 - INTRODUÇÃO

A brasagem de tubos é uma etapa que faz parte do procedimento de instalação de compressores em novos produtos ou do procedimento de troca de compressores quando da manutenção de um sistema de refrigeração. A boa qualidade das brasagens é de fundamental importância para evitar eventuais reprocessos devidos a vazamentos e/ou entupimentos nos pontos de brasagem.

## 2 - BRASAGEM OXIACETILÊNICA

### 2.1 NATUREZA DA CHAMA

A fonte de calor neste processo é de origem química, formada por dois gases:

- Oxigênio: gás que ativa a combustão (comburente)
- Acetileno: gás combustível

A mistura oxiacetilênica é obtida pela combinação de dois gases (oxigênio e acetileno) através de um maçarico onde, após ignição, se obtém a chama.

A temperatura máxima de uma chama oxiacetilênica é de aproximadamente 3100°C, nas proximidades da extremidade do dardo, como mostra a figura 1.

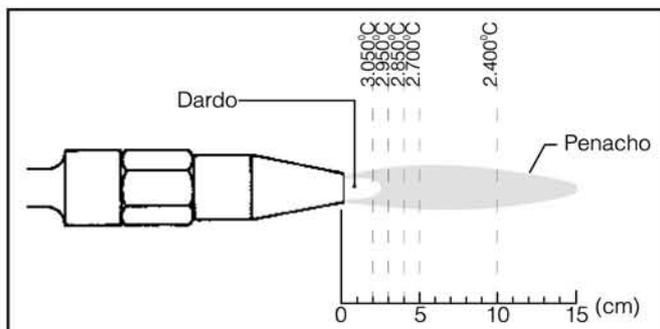


FIG. 1 - TEMPERATURAS DE COMBUSTÃO NAS DIFERENTES ZONAS DA CHAMA.

### 2.2 REGULAGEM DA CHAMA

No processo de brasagem oxiacetilênica existem três (3) tipos básicos de chama:

#### 2.2.1 CHAMA NEUTRA

É obtida através da mistura de volumes iguais de oxigênio e acetileno e caracteriza-se por ser uma chama destruidora dos óxidos metálicos que podem formar-se no decorrer da brasagem. Deve ser usada para brasagem de passadores de cobre com tubos de cobre.

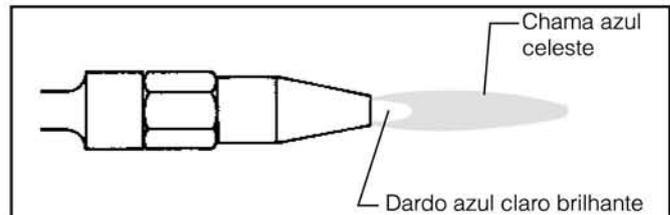


FIG. 2 - CARACTERÍSTICAS VISUAIS DA CHAMA NEUTRA

#### 2.2.2 CHAMA OXIDANTE

É uma chama obtida por uma mistura com excesso de oxigênio e caracteriza-se por ser uma chama mais quente que a chama neutra. É indicada para a brasagem de latão.

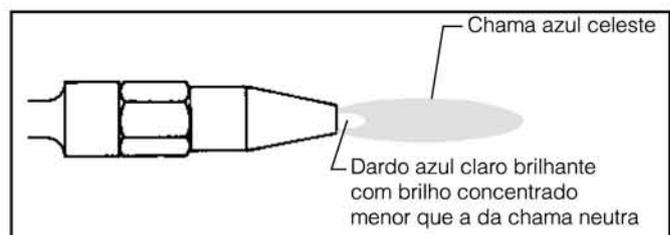


FIG. 3 - CARACTERÍSTICAS VISUAIS DA CHAMA OXIDANTE

#### 2.2.3 CHAMA REDUTORA OU CARBURANTE

Trata-se de uma chama com excesso de acetileno, menos quente que a chama neutra. É recomendada para a brasagem de alumínio e suas ligas e para a brasagem de passadores de aço cobreado com tubos de aço ou passadores de aço cobreado com tubos de cobre e vice-versa.

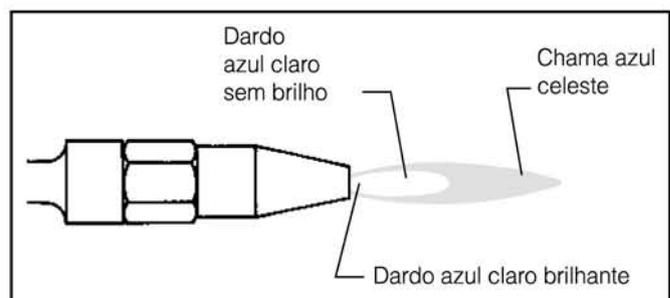


FIG. 4 - CARACTERÍSTICAS VISUAIS DA CHAMA REDUTORA

### 2.3 AÇÃO DE CAPILARIDADE

Este é o fenômeno pelo qual o material de adição penetra na junção a ser brasada, pela atração das moléculas do material base.

Após o aquecimento adequado, o material de adição se funde e tende sempre a fluir para o ponto mais quente da junta aquecida, porém, isto só ocorre quando:

- A superfície a ser brasada está limpa
- A folga entre as partes a serem brasadas está correta

- A área das partes a serem brasadas está suficientemente aquecida para fundir o material de adição.

#### 2.4 FOLGA E INTRODUÇÃO DOS TUBOS

A folga entre os tubos a serem brasados, bem como o comprimento mínimo a ser introduzido para garantir uma brasagem perfeita, devem ser conforme mostrado na figura 5.

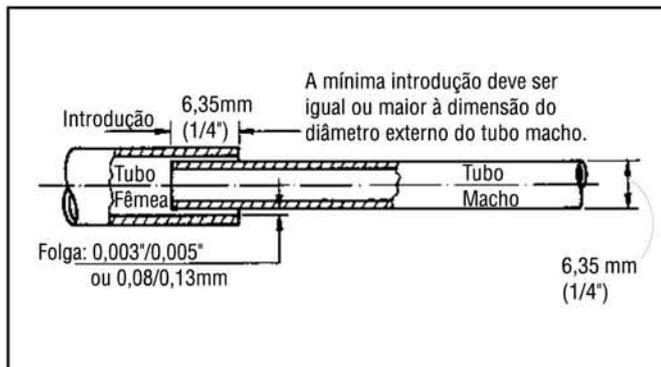


FIG. 5 - FOLGA E INTRODUÇÃO DOS TUBOS

#### 2.5 LIMPEZA DA TUBULAÇÃO A SER BRASADA

Os tubos a serem brasados devem estar livres de óleo, graxa, oxidação, tinta ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais. Cuidado especial deve ser tomado quando for necessário utilizar fluxo para facilitar a brasagem. Recomenda-se utilizar os fluxos em forma de pó e na menor quantidade possível pois os mesmos, bem como os fluxos pastosos, podem constituir-se em fontes de contaminação do sistema de refrigeração com conseqüências indesejáveis, tal como o entupimento do tubo capilar. Este risco é maior em sistemas que utilizam o R 134a uma vez que o fluxo, ou outros agentes alcalinos, pode reagir com o óleo éster e gerar a formação de sais que se depositam no capilar. O fluxo de brasagem tem a seguinte finalidade:

- Limpar as superfícies a serem brasadas
- Desoxidar as superfícies a serem brasadas
- Facilitar a penetração do material de adição

#### 2.6 PRAQUECIMENTO

Para uma maior e melhor homogeneidade na brasagem com maçarico, deve-se garantir o preaquecimento em toda a superfície e profundidade de inserção da peça. No caso de uma superfície plana, o preaquecimento deve ser realizado com movimentos circulares dirigindo a chama sobre toda a área a ser brasada.

Na figura 6, pode ser visto um exemplo das temperaturas medidas sobre uma peça quando se varia a distância da ponta do dardo até a mesma, usando-se uma chama constante do tipo carburante.

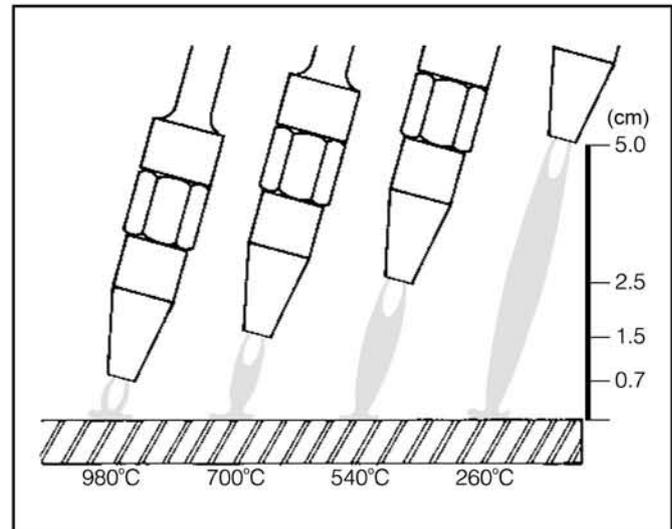


FIG. 6 - TEMPERATURA X DISTÂNCIA DO DARDO ATÉ A PEÇA

Na refrigeração, onde é comum a brasagem em tubulações, o preaquecimento com maçarico convencional torna-se inadequado do ponto de vista de qualidade e produtividade. Neste caso recomenda-se utilizar o tipo de maçarico mostrado na figura 7. Além de uma maior produtividade, a utilização deste tipo de maçarico proporciona as seguintes vantagens:

- Preaquecimento mais rápido e uniforme
- Menor movimentação com o maçarico durante a brasagem
- Maior fluidez e portanto maior penetração do material de adição.

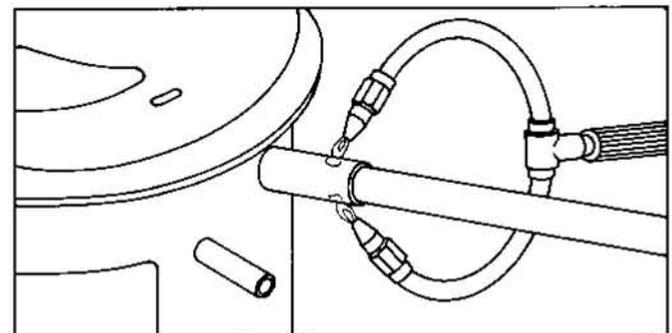


FIG. 7 - MAÇARICO PARA BRASAGEM EM TUBULAÇÕES

**IMPORTANTE:** A brasagem de compressores com passadores de cobre requer um cuidado adicional bem como um procedimento específico no tocante ao preaquecimento. Informações adicionais constam no item 3.2.2.

#### 3 - PROCESSOS DE BRASAGEM EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

##### 3.1 PASSADORES DE AÇO COBREADO COM TUBOS DE COBRE OU AÇO

###### 3.1.1 MATERIAL DE ADIÇÃO / FLUXO DE BRASAGEM E REGULAGEM DA CHAMA

Para este tipo de brasagem são usadas varetas de solda prata com o teor de prata variando de 50 a 25%, todas devendo apresentar alta fluidez. Neste caso, é necessário trabalhar com a ajuda de fluxo. Contudo, recomenda-se usar sempre a menor quantidade possível e dar preferência aos fluxos na forma de pó, uma vez que os fluxos podem constituir-se numa fonte de contaminação do sistema de refrigeração.

Este tipo de brasagem requer chama carburante ou redutora (com um pequeno excesso de acetileno).

###### 3.1.2 SEQÜÊNCIA DE BRASAGEM

3.1.2.1 Certifique-se que a tubulação a ser brasada está livre de graxa, óleo, óxidos ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais.

3.1.2.2 Antes de aquecer os tubos aplique fluxo sobre o local a ser brasado.

3.1.2.3 Aqueça uniformemente o tubo macho e o tubo fêmea, sem incidir a chama diretamente sobre a porção que possui fluxo, movimentando a chama do ponto A ao ponto B e vice versa (Fig. 8).

**OBSERVAÇÃO:** Aquecer o tubo de aço com uma temperatura um pouco maior que a usada com tubo de cobre.

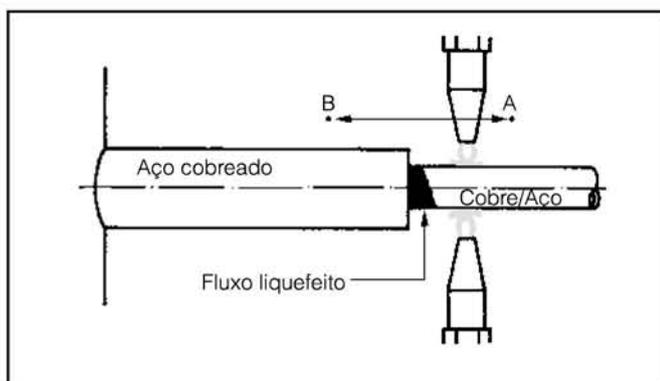


FIG. 8

3.1.2.4 Imediatamente após ter aquedido os tubos e liquefeito o fluxo, encoste a ponta da vareta de solda preaquecida no passador, junto ao local a ser brasado.

**OBSERVAÇÃO:** Não force a vareta contra o ponto a ser brasado, simplesmente mantenha-se apoiada e deixe-a fundir.

3.1.2.5 Assim que o material de adição fundir, movimente o maçarico do ponto A ao ponto B e vice versa, até que a solda penetre entre os tubos (Fig. 9).

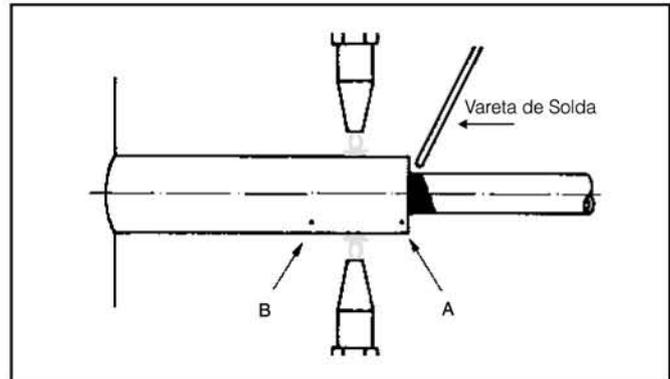


FIG. 9

**IMPORTANTE:** Nunca dirija a chama diretamente sobre a vareta. Deixe que ela funda pela transmissão de calor dos tubos.

3.1.2.6 Retire a chama do local da brasagem e mantenha a vareta encostada ao ponto da brasagem, durante alguns segundos (enquanto a temperatura no local for suficiente para fundir o material de adição).

3.1.2.7 A aparência da brasagem deve ser de acordo com o mostrado na figura 10.

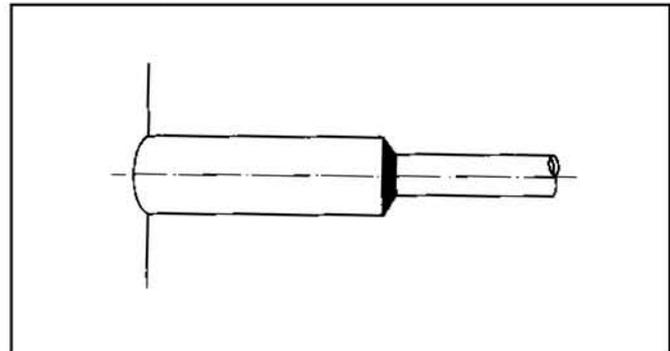


FIG. 10

3.1.2.8 Em caso de suspeita ou identificação de poros, aqueça novamente movimentando o maçarico do ponto A ao ponto B e vice versa (ver Fig. 9). Se necessário, acrescente o mínimo possível de material de adição.

##### 3.2 PASSADORES DE COBRE COM TUBOS DE COBRE

###### 3.2.1 MATERIAL DE ADIÇÃO / FLUXO DE BRASAGEM E REGULAGEM DA CHAMA

Para este tipo de brasagem podem ser usadas varetas de solda prata com teor de prata variando de 15 a 5% ou varetas à base de cobre-fósforo (ex. Phoscooper), todas devendo apresentar alta fluidez. Não há necessidade do uso de fluxos para este tipo de brasagem. A regulagem de chama deve ser neutra.

#### 3.2.2 CUIDADOS A SEREM TOMADOS NA BRASAGEM DE PASSADORES DE COBRE

Durante o processo de brasagem dos passadores de cobre, muito cuidado deve ser tomado para não comprometer a solda dos passadores junto ao corpo do compressor, evitando assim possíveis vazamentos. Para esta finalidade, a chama deve ser direcionada no sentido oposto ao compressor e deve incidir de maneira mais intensa na extremidade do tubo fêmea (6 mm finais), conforme mostrado na figura 11. A chama adequada é a neutra e a vareta de solda conforme especificado no item 3.2.1. Portanto, evite direcionar a chama sobre a parte brasada ao corpo do compressor e efetue o preaquecimento do passador somente na área próxima a sua extremidade.

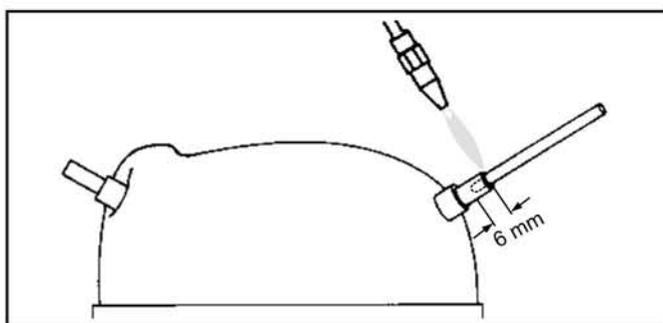


FIG. 11 - CUIDADOS NA BRASAGEM COM PASSADORES DE COBRE

**IMPORTANTE:** Evite que a tubulação a ser brasada fique tensionada pois nesta situação há uma grande probabilidade de ocorrência de trincas no tubo de cobre e no próprio material de adição.

#### 3.2.3 SEQÜÊNCIA DE BRASAGEM

3.2.3.1 Certifique-se que a tubulação a ser brasada esteja livre de óleo, graxa, óxidos, tinta ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais. O preaquecimento dos passadores deve seguir as recomendações constantes no 3.2.2.

3.2.3.2 Aqueça uniformemente o tubo macho e o tubo fêmea até que atinjam a temperatura ideal para a brasagem, movimentando a chama do ponto A para o B e vice versa (Fig 12).

3.2.3.3 Encoste a ponta da vareta de material de adição no local a ser brasado.

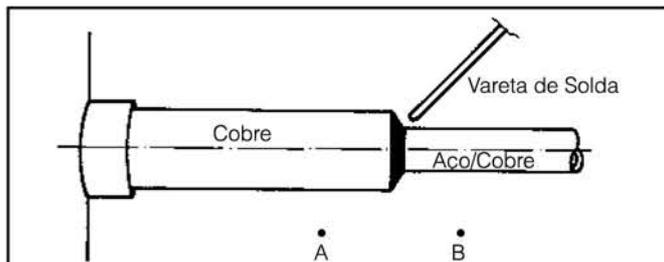


FIG. 12

**OBSERVAÇÃO:** Não force a vareta contra o ponto a ser brasado, simplesmente mantenha-a apoiada e deixe-a fundir até que o material de adição penetre totalmente entre o tubo macho e o tubo fêmea.

**IMPORTANTE:** Nunca dirija o maçarico diretamente sobre a vareta. Deixe que ela funda pela transmissão de calor dos tubos.

3.2.3.4 Retire a chama do local da brasagem e mantenha a vareta encostada ao ponto da brasagem, durante alguns segundos (enquanto a temperatura no local for suficiente para fundir o material de adição).

3.2.3.5 Em caso de suspeita ou identificação de poros, aqueça novamente movimentando o maçarico do ponto A ao ponto B e vice versa (ver Fig. 9). Se necessário acrescente o mínimo possível de material de adição.

#### 3.3 PASSADORES DE COBRE COM TUBO DE AÇO

O material de adição, fluxo de brasagem, regulagem da chama e seqüência de brasagem seguem as mesmas orientações constantes do item 3.1.

Entretanto, atenção especial deve ser dada aos cuidados a serem tomados na brasagem de passadores de cobre, conforme mencionado no item 3.2.2.

## 4 - FALHAS COMUNS NA BRASAGEM

### 4.1 FALTA DE PENETRAÇÃO DO MATERIAL DE ADIÇÃO

Este tipo de falha geralmente é observado quando o maçarico é direcionado somente à união a ser brasada, não proporcionando um aquecimento da região vizinha à mesma. Os tubos não aquecidos adequadamente prejudicam a ação de capilaridade do material de adição que se funde somente onde a chama foi aplicada (Fig. 13).

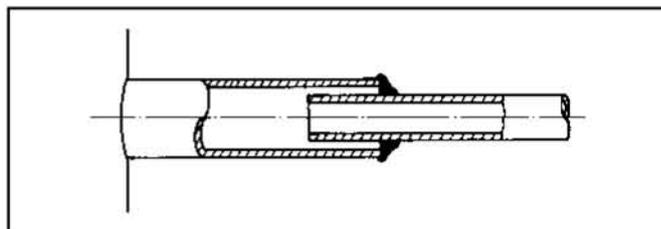


FIG. 13 - FALTA DE PENETRAÇÃO DO MATERIAL DE ADIÇÃO

### 4.2 OBSTRUÇÃO DA TUBULAÇÃO

Esta falha ocorre por uso excessivo de material de adição e é geralmente acompanhada por situações de folga excessiva entre os tubos a serem brasados, introdução insuficiente entre os tubos ou má distribuição do calor.

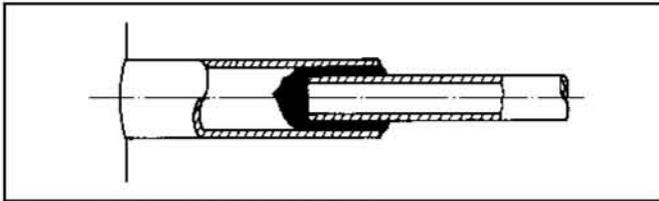


FIG. 14 - OBSTRUÇÃO DA TUBULAÇÃO

#### 4.3 QUEBRA, FRAGILIZAÇÃO E POROSIDADE

Estas três falhas são geralmente causadas pelo aquecimento excessivo da tubulação a ser brasada.

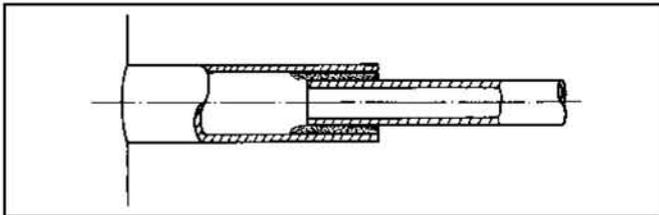


FIG. 15 - POROSIDADE

#### 4.4 UTILIZAÇÃO DE CHAMA INADEQUADA

Este item é muito importante e de grande influência no resultado final da brasagem.

A má regulagem da chama pode resultar em preaquecimento inadequado, encruamento ou fusão dos tubos, má distribuição do calor, baixa fluidez e má aderência do material de adição.

Estes aspectos resultam em má aparência da brasagem, bem como fragilização do metal base e porosidade.

Para uma regulagem correta da chama, e sua aplicação para cada tipo de material a ser brasado, veja item 2.2.

**IMPORTANTE:** A aplicação de material de adição em excesso não melhora a resistência da brasagem, apenas aumenta o consumo de material, oxigênio e acetileno e reduz a produtividade do soldador.

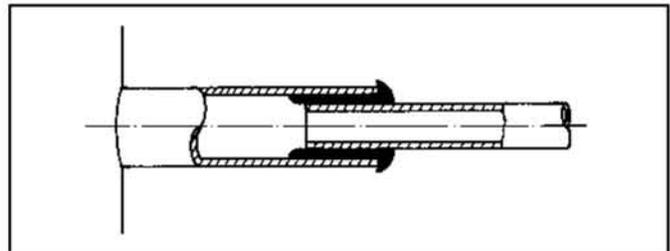


FIG. 16 - BRASAGEM COM EXCESSO DE MATERIAL DE ADIÇÃO

**Nota:** Após substituição, o compressor e seus acessórios não devem ser descartados no meio ambiente. Os componentes devem ser reciclados obedecendo a classificação dos materiais utilizados (ferrosos, não ferrosos, polímeros, óleos...).



A Embraco é signatária do Pacto Global das Nações Unidas.