

CAPÍTULO VI

LIGAÇÃO DE COMPONENTES, PREPARAÇÃO E BRASAGEM DE TUBOS DE COBRE

1. PREPARAÇÃO DE TUBOS DE COBRE PARA LIGAÇÕES EM AVAC&R

O uso de tubos de cobre em AVAC&R reveste-se de grande importância, pelas implicações que o seu correcto manuseamento e preparação têm no funcionamento das instalações, e nas incidências ambientais e económicas que podem resultar de deficiências nessa preparação.

A ligação entre tubos de cobre pode ser feita de diversas formas, sendo a mais complexa e porventura a mais importante **a ligação por brasagem**, à qual será dedicado o próximo capítulo. No entanto, há todo um conjunto de práticas de manuseamento de tubos, necessárias ou não ao processo de brasagem, que importa ter presente, uma das quais constitui em si mesma uma metodologia de ligação, que é o caso da ligação por abocardado.

O conjunto de operações preparatórias que abordaremos de seguida são as seguintes:

- **Cortar**
- **Escariar e lixar**
- **Expandir**
- **Abocardar**
- **Curvar**

1.1. cortar

Para cortar tubo de cobre deve recorrer-se sempre que possível a uma ferramenta de corte adequada, geralmente **denominada “corta-tubos”**. Pretende-se com esta ferramenta garantir um corte perfeito, o que se pode caracterizar por:

- **corte perfeitamente perpendicular à superfície do tubo;**
- **poder efectuar o corte sem “ovalizar” o tubo**
- **efectuar o corte com o mínimo de rebarbas;**
- **possibilidade de realizar o corte no ponto exacto pretendido;**
- **mínimo de riscos físicos para o operador.**

A figura seguinte descreve as partes constituintes desta ferramenta:

Para utilizar correctamente o corta-tubos deve respeitar-se a seguinte sequência de procedimentos:

- a. seleccionar o corta-tubos adequado ao diâmetro do tubo.**

b. Verificar o bom estado da lâmina e dos rolos de aperto. Substituir se possível os componente danificados. As partes móveis da ferramenta devem ser lubrificadas com regularidade



Fig. 1 – Ferramenta corta-tubos. Para efectuar o corte, e tendo com referencia a figura do lado direito, a ferramenta deve rodar em torno do tubo no sentido dos ponteiros de um relógio (APIEF)

- c. Colocar o tubo e encostar a lâmina de corte utilizando o manípulo de controlo da lâmina.**
- d. Efectuar uma primeira volta com um aperto muito ligeiro, afim de iniciar a abertura da fenda por onde o corte se realizará. Atenção, ao segurar o tubo e rodar a ferramenta, porque pode haver alguma extremidade cortante que possa provocar acidentes.**
- e. Fazer um primeiro aperto após a primeira volta. Estes apertos não devem ser excessivos, para não danificar a ferramenta, facilitar o segurar do tubo e garantir uma abertura progressiva do corte. Efectivamente se se apertar o corta tubos em excesso tornasse difícil segurar o tubo e rodar a ferramenta.**
- f. A cada volta da ferramenta, efectuar novo aperto, sempre de forma ligeira, até completar o corte.**
- g. Manusear o tubo com cuidado, porque as arestas resultantes deste tipo de corte podem ser muito afiadas, provocando cortes com facilidade. Se houver rebarbas, não devem ser retiradas com as mãos nuas.**

O aperto inicial é importante de modo a que o corta tubo não deslize ao longo do mesmo, não pode ser excessivo para não ovalizar a secção do tubo.

1.2. Escariar e lixar

Após o corte dos tubos de cobre é indispensável retirar quaisquer rebarbas que possam existir e preparar a extremidade do tubo para as operações que se sigam. Para o fazer utilizam-se dois tipos de utensílios: escariadores e lixas. Os primeiros consistem geralmente num pequeno tambor dotado de facas no seu interior. Consoante o lado do tambor em que a extremidade do tubo de cobre é colocada, o escariador efectua o acabamento da superfície de corte pelo interior ou pelo exterior do tubo, fazendo-o rodar em contacto com esta.

Tenha-se em conta que existem outros tipos de escariadores, um bom exemplo são os existentes como a acessório de alguns corta – tubos que dispõem de um pequeno escariador triangular geralmente apenso ao corpo da própria ferramenta (ver Fig. 1)



Fig. 2 – Escariador (APIEF)

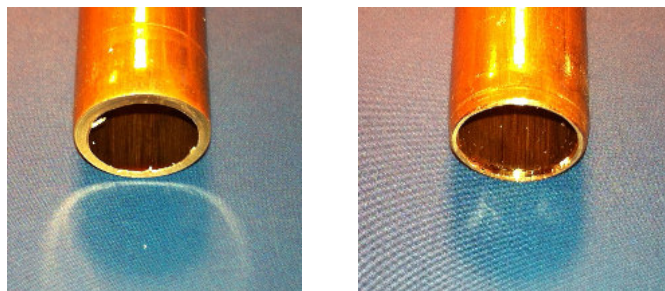


Fig. 3 – Secção de tubo de cobre, antes e depois de se proceder a acabamento.
Note-se á esquerda a existência de rebarbas arestas aguçadas (APIEF)

Após a utilização do escariador, a lixa permite finalizar o trabalho de corte com mais perfeição.

É muito importante procurar garantir que o interior do tubo fica isento de resíduos destas operações.

1.3. Expandir

Com esta operação pretende-se preparar o tubo para nele ser inserido outro, preparando o conjunto para a brasagem. Dado que o que se pretende é obter um espaço

entre os tubos por onde o material de enchimento flua por capilaridade, **torna-se crítico um correcto dimensionamento deste espaço entre tubos**, quer do ponto de vista do intervalo (tolerância), quer do seu comprimento. Adiante se verá que valores críticos são estes, os quais permitirão seleccionar o acessório apropriado para a operação de expandir.

Esta operação efectua-se recorrendo a punções ou a um aparelho denominado “expansor” ou “alicate de expandir”.

Um punção expansor tem o aspecto mostrado na figura e é actuado inserindo a ponta do punção no tubo e recorrendo a um martelo. Percutindo o punção, este entrará no tubo, alargando-o. Com se pode facilmente concluir, sendo um método expedito, o resultado final dificilmente será isento de imperfeições, como rasgo do tubo, a sua ovalização ou mesmo torção.



Fig. 4 – Punção expansor (APIEF)

O alicate expansor, por outro lado, permite trabalho de melhor qualidade, pelo que passamos a descrevê-lo com mais pormenor.

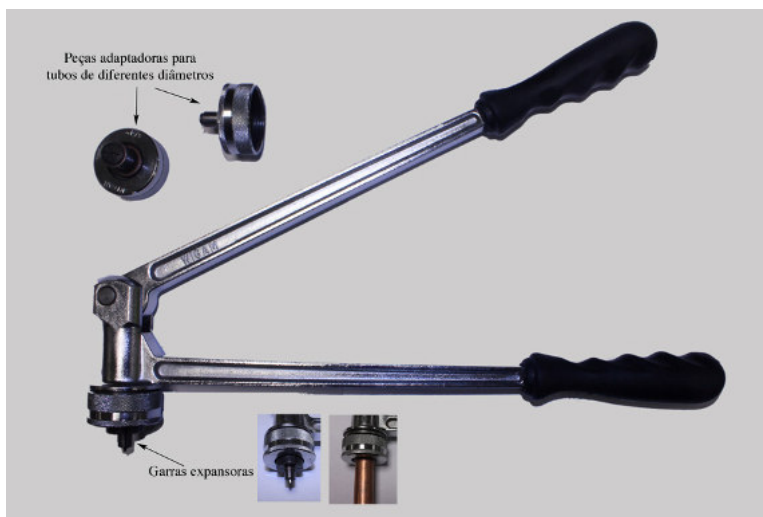


Fig. 5 – Alicate expansor (APIEF)

Este “alicate” dispõe de um acessório com várias garras que se colocam no interior do tubo que se pretende expandir, garras essas que se afastam umas das outras quando as hastes do alicate se aproximam. O uso desta ferramenta aparentemente simples envolve no

entanto alguns cuidados e uma sequência de procedimentos que a seguir se descrevem:

- a. Colocar no aparelho a cabeça adequada às dimensões do tubo. Ter em conta que esta ferramenta não é utilizável em cobre rígido, nem em tubos de grande diâmetro. Para estes casos, existem no mercado acessórios como joelhos, curvas, extensores, etc., já preparados com as respectivas extremidades expandidas. O diâmetro e o comprimento das garras expansoras estão configurados com as dimensões correctas para o conseqüente trabalho de brasagem.
- b. Com o alicate aberto, colocar as garra expansoras no interior do tubo.
- c. Pressionar ligeiramente as hastes do alicate uma contra a outra até haver compressão das garras contra o tubo.
- d. Continue a pressionar as garras do alicate, de forma progressiva aliviando e rodando ligeiramente o tubo, e voltando a pressionar.
- e. Tendo em conta que se está a “deformar” um metal, ainda que relativamente brando, alguma força será necessária para efectuar esta operação, mas esta força terá que ser aplicada de forma controlada, sob pena de se provocar o aparecimento de fissuras no tubo, ou mesmo de o rasgar. Se houver fissuras ou rasgos a extremidade do tubo deve ser rejeitada.

1.4. Abocardar

Como se referiu atrás, uma das formas de ligar componentes de um circuito de AVAC&R é a ligação “abocardada” ou SAE. Neste tipo de ligação utilizam-se peças cónicas contra as quais o tubo, devidamente preparado, é esmagado com recurso a porcas com um interior também cónico. Para que o esmagamento do tubo seja eficaz e garantidamente estanque, impõe-se uma boa preparação do tubo, com **recurso a uma ferramenta especial para o efeito denominada “abocardador”**.



Fig. 6 – Dois tipos de abocardadores (APIEF)

O abocardador compõe-se de duas partes:

- uma peça de retenção, geralmente denominada “prensa”, disponível em duas formas:

diâmetros fixos e diâmetros variáveis (lâminas)

- Uma peça cônica ajustável, que se adapta à peça de retenção e com a qual se executa a moldagem da extremidade do tubo (abocardado).

Tratando-se de um modo de ligação roscada, e portanto mais simples que a brasagem, este método nem sempre é aplicável, quer por motivos ligados à própria geometria ou outras características do sistema, quer pelo custo adicional em peças que pode representar, quer pela maior vulnerabilidade no que respeita a trepidações, regimes térmicos extremos e apertos deficientes. No entanto, sempre que aconselhada, a preparação dos tubos exige alguns cuidados a que é indispensável atender. A sequência de operações pode sintetizar-se da seguinte forma:

- a. Ter em atenção que, uma vez que esteja feito o abocardado, não será possível inserir, por essa extremidade, a porca de aperto. Assim, esta colocação da porca de aperto no tubo, poderá ter que ser efectuada antes da operação de abocardar.
- b. Verificar o bom estado da ferramenta, nomeadamente a peça cônica de moldagem, a qual deverá estar isenta de imperfeições ou estrias transversais resultantes de mau ou excessivo uso. Em alguns modelos, esta peça cônica tem estrias suaves salientes ao longo da geratriz, o que pode facilitar a moldagem do tubo.
- c. Preparar o tubo de acordo com o que se referiu em 1.2.
- d. Colocar o tubo na peça de retenção utilizando o passador de diâmetro adequado ou levando as lâminas ao contacto com o tubo, conforme o tipo de abocardador. A extremidade a abocardar deverá ficar na face da peça de retenção dotada de concavidade cônica. Ter em atenção os seguintes aspectos:
 - A extremidade da peça deve ficar ligeiramente saliente em relação à superfície da peça de retenção. Se este detalhe não for respeitado, o diâmetro do abocardado resultante será demasiado curto com consequentes deficiências e risco de fuga quando se procurar esmagar o tubo contra a sede cônica. Se, por outro lado, a saliência do tubo relativamente à superfície da prensa for excessiva, o abocardado ficará demasiado largo, não entrando, ou entrando de forma deficiente na porca de aperto, tendo como resultado grandes deficiências na ligação. O abocardado deverá ter um diâmetro coincidente com o da sede cônica contra a qual vai ser esmagado.
 - Apertar o tubo com firmeza com a prensa. A peça cônica que vai moldar o tubo irá “empurrar” o tubo, não devendo este deslocar-se da posição em que for colocado na prensa.
- e. Adaptar a peça de moldar à prensa.

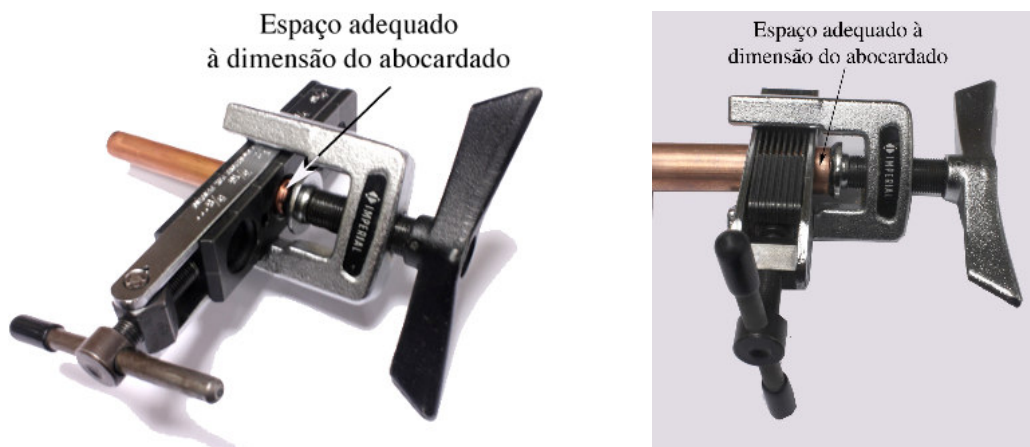


Fig. 7 – Colocação do tubo no abocardador (APIEF)

f. Segurando tubo e a peça de retenção (**uso de luvas de protecção!**), apertar lentamente a peça de moldar, até se obter a moldagem pretendida. Não se deve exercer força excessiva, o que poderia provocar um esmagamento prematuro do abocardado. Pretende-se que este esmagamento ocorra apenas quando a ligação for efectuada. Para facilitar o processo e reduzir o risco de danificar o cone moldador, é adequado colocar uma gota de óleo na zona de contacto, devendo o tubo ser meticulosamente limpo depois da operação.

g. Retirar a peça e observar o estado do tubo, no que respeita a limpeza e ausência de rebarbas, estrias ou rasgos. Se houver estrias ou rasgos, o tubo deve ser rejeitado. Os resíduos ou rebarbas devem ser removidos como atrás se referiu.

Num abocardado bem feito, deve ser perfeita a adaptação entre o tubo e a porca cónica de aperto. Reforçando o que atrás se referiu, um abocardado demasiado largo fará com que a própria rosca da porca o danifique, impedindo o esmagamento estanque pretendido, e um abocardado com um diâmetro muito pequeno não garantirá a necessária superfície de contacto entre o tubo e a sede contra a qual será esmagado.

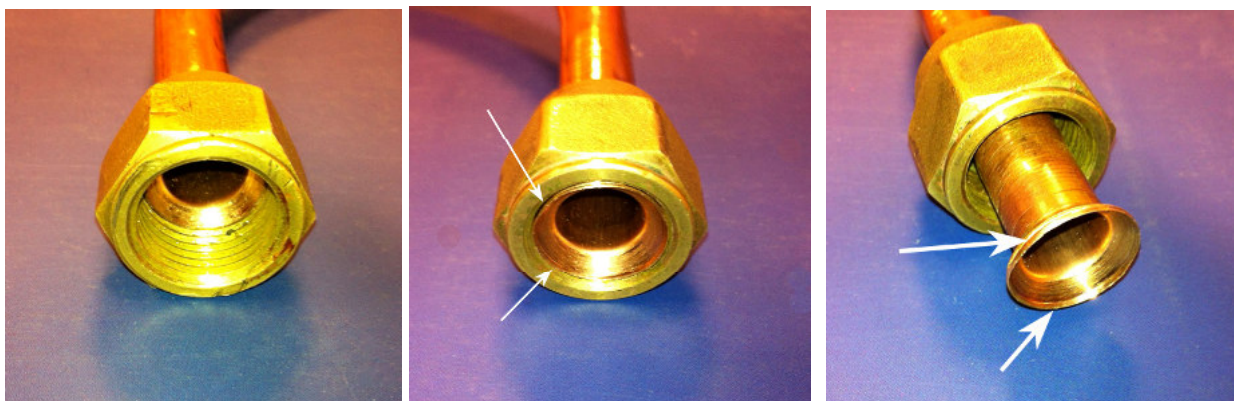


Fig. 8 - Exemplos de peças abocardadas: à esquerda, uma peça aceitável. Nos exemplos do centro e da direita, as setas mostram defeitos: excesso de diâmetro e deformação provocada pelo aperto, em virtude do excesso de diâmetro (APIEF)

1.5. Curvar

A operação de curvar tubos de cobre é outro exemplo de trabalho simples que no entanto exige um bom conhecimento das ferramentas utilizadas para o efeito e do comportamento dos tubos ao serem dobrados. Pretende-se com esta operação adaptar tubos de cobre “macio” à geometria necessária para efectuar as ligações entre os componentes do circuito. Há que respeitar neste processo ângulos e distâncias, exigindo-se por vezes grande rigor nas peças finais. **Acresce a necessidade de os tubos, na zona de dobragem, não terem esmagamentos ou deformações significativas.**

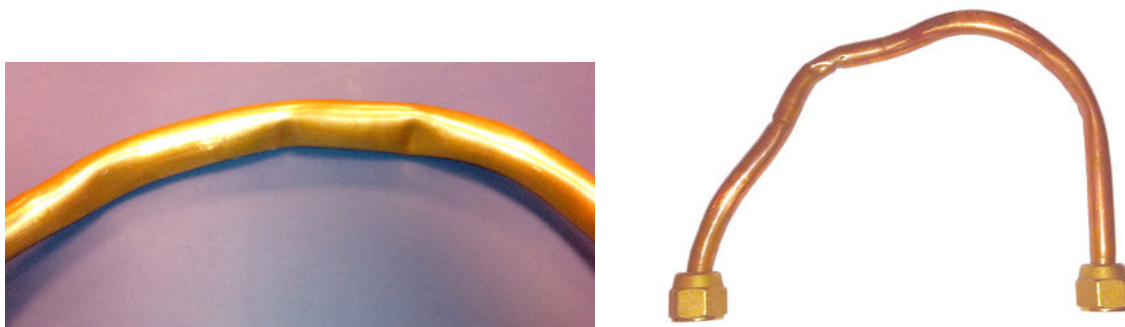


Fig. 9 – Exemplos de tubos curvados com imperfeições graves (APIEF)

Os objectivos enunciados podem ser cumpridos com uma ferramenta especial denominada “alicate de curvar tubos”, estando disponíveis diversos modelos no mercado. Apresenta-se na figura um dos modelos mais generalizados:



Fig. 10 - Aparelho de curvar-tubos (também chamado “máquina de virar tubos”) e vista frontal do mecanismo de ajuste do batente, ajustado para tubo de meia polegada (APIEF)

O modelo de alicate representado dispõe da possibilidade de adaptar aos principais diâmetros de tubos mais utilizados em pequenas e médias instalações de AVAC&R. Para maiores diâmetros ou para tubo rígido, há que recorrer a acessórios pré-formados adequados para se obter os ângulos pretendidos.

Numa descrição sumária deste alicate vê-se que é constituído por duas hastes que vão actuar sobre cada um dos lados do ângulo. Numa dessas hastes, a que simplifcadamente chamaremos “haste fixa” há geralmente um batente de posição regulável na qual se engata o tubo conforme se verá adiante, e uma gola de quarto de círculo, dotada de escala, que constitui um berço onde se coloca o tubo. A outra haste da ferramenta (“haste móvel”), dispõe de uma peça com outra gola que, encostando ao tubo e submetida à força aplicada, dobrará o tubo segundo o ângulo pretendido.

Na utilização deste ferramenta haverá que controlar os comprimentos em função do diâmetro do tubo, o valor do ângulo, o plano em que se encontram, após dobragem, os dois braços do ângulo e por fim qual o lado do tubo que se está a dobrar. Para esclarecer estes pontos vamos descrever a sequência de procedimentos necessários para efectuar uma peça simples como a que se representa na figura. Trata-se de um “U” plano, de braços diferentes, na qual são conhecidas as medidas pretendidas para esses braços.



Fig. 11 – Tubo que se pretende executar (APIEF)

1.5.1. Curvar tubo de 1/4”

Para realizar esta tarefa supomos que dispomos de um pedaço de tubo linear, que pretendemos curvar.

- a. Começemos por estabelecer o que se entende por comprimento de um dos braços deste “U” nesta dobragem. O comprimento do braço é a distância entre a extremidade do tubo e o eixo do troço central do “U” (v. figura)

Daqui resulta que tubos com diferentes diâmetros terão que ser tratados de forma diferente no que respeita a estas medidas. O alicate que vamos utilizar dispõe de uma escala que permite efectuar estas adaptações conforme se verá adiante.

- b. Começaremos por ver o exemplo em que não seja necessária qualquer adaptação: tubo de 1/4”. Olhando para o tubo na horizontal pretendemos realizar uma haste com o comprimento L_e no lado esquerdo do tubo. Chamaremos a esta opção “curva esquerda”.
- c. Marcar com ajuda de uma régua o ponto do tubo correspondente ao comprimento da

haste do “U”, medida de acordo com o estabelecido em a.

- d. Com o alicate aberto, ajustar o tubo de encontro ao engate e ajustá-lo na gola correspondente ao diâmetro do tubo, de modo a que a marca efectuada em c. coincida com o zero da escala principal.



Fig. 12 – Marcação do ponto para curva esquerda, tubo de 1/4” (APIEF)

- e. Encostar a “haste móvel” do alicate, fazendo coincidir o indicador nela existente com o zero da escala principal.
- f. Accionar lentamente a “haste móvel” do alicate dobrando o tubo até ao ângulo pretendido, neste caso 90°.



Fig. 13 – Curva esquerda a 90°, tubo de 1/4” (APIEF)

- g. Ocupemo-nos agora da outra extremidade do tubo. É claro que, para o exemplo dado poderíamos considerar que é mais uma “dobragem esquerda”. No entanto nem sempre é possível ou conveniente executar esta manobra, pelo que se torna

necessário considerar que a haste pretendida se encontra agora no lado direito do tubo, mantidos os critérios iniciais. A marcação feita com esta medida para a “curva direita” deve agora fazer-se coincidir com o traço vermelho marcado na escala da haste.



Fig. 14 – Marcação do ponto para curva direita, tubo de 1/4" (APIEF)

h. Pode agora proceder-se à curvatura do tubo.

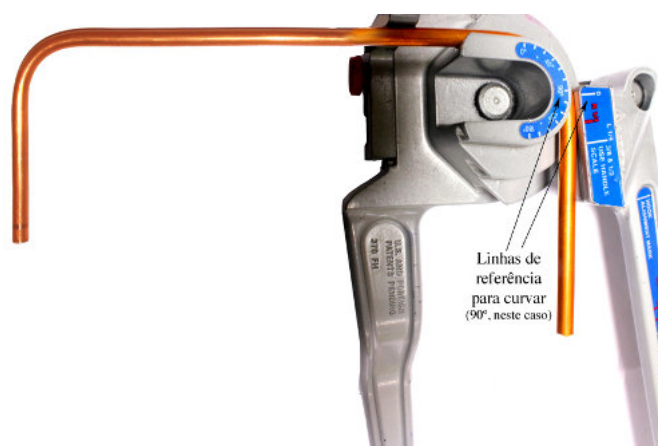


Fig. 15 – Curva direita a 90°, tubo de 1/4" (APIEF)

1.5.2. Curvar tubo de 1/2" (procedimento semelhante a 3/8")

Quando o diâmetro do tubo é 3/8" ou 1/2" torna-se necessário, no uso deste tipo de ferramenta, proceder de forma ligeiramente diferente, conforme se descreve a seguir para um tubo de 1/2". O procedimento é em tudo semelhante ao de 3/8"

- Começamos por colocar o batente na posição de 1/2".
- Não poderemos neste caso usar as marcas da haste móvel por que esta vai ocultar o tubo quando este é colocado na gola correspondente. Por esta razão utiliza-se como referencia o ponto de encontro do tubo com a batente. Obviamente, a marcação a

fazer no tubo para esta mudança de referência não poderá ser a valor L , mas sim este valor adicionado de alguma compensação. Vejamos então o caso de uma “curva esquerda” (ver explicação deste conceito 1.5.1.)

- c. Marcar sobre o tubo uma marca à distância L_e de extremidade esquerda.
- d. Colocando o tubo sobre a régua existente no braço móvel do aparelho de curvar tubos, com a marca L_e sobre o traço 1/2LEFT (meia polegada, ESQUERDA), marca-se um traço no tubo no ponto indicado pela marca “HOOK ALIGNMENT MARK” (ver figura).



Fig. 16 – Marcação do ponto para curva esquerda, tubo de 3/8” – utilização da escala de compensação (APIEF)

- e. É este o traço que vai servir de referência para a dobragem, colocando o tubo em posição na gola correspondente, de modo a que esta marca fique colocada no ponto de encontro com a batente (v. figura).
- f. Podemos agora proceder à “curva esquerda”, accionando o braço móvel da ferramenta.

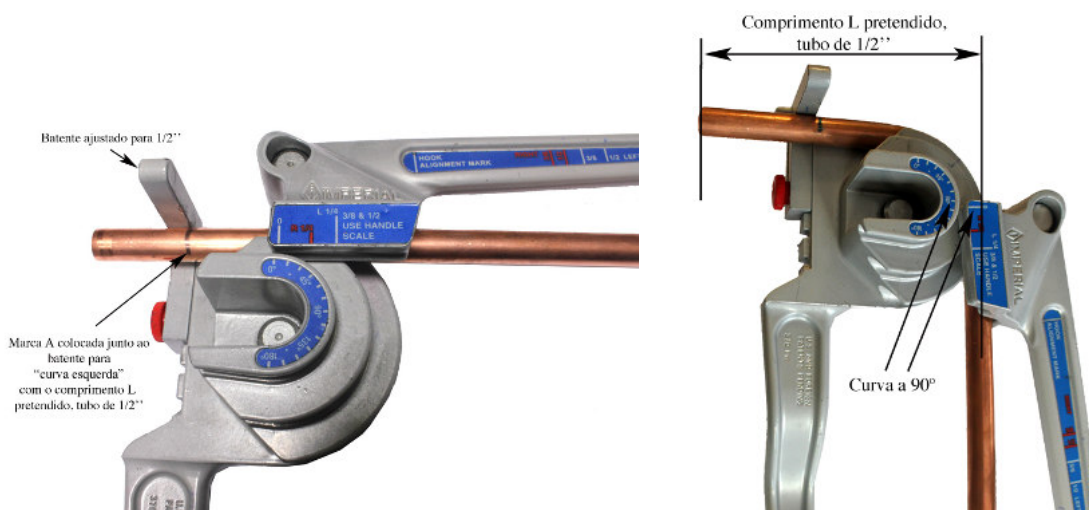


Fig. 17 – Colocação e curva esquerda, 90°, tubo de 3/8” (APIEF)

- g. Vejamos agora a “curva direita”. O tubo deve agora ser colocado para o lado oposto da

régua auxiliar, fazendo coincidir a marca L_d entretanto feita sobre o tubo em linha com a marca 1/2RIGHT (meia polegada, DIREITA). À semelhança do que se fez anteriormente, marcar o tubo no ponto “HOOK ALIGNMENT MARK” (ver figura).

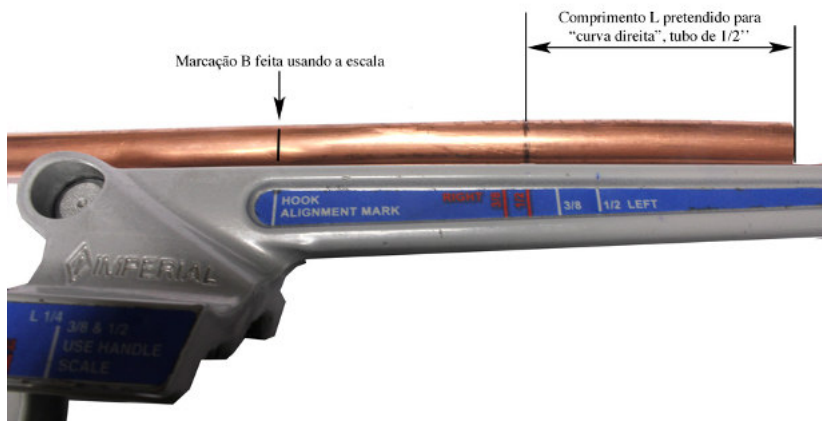


Fig. 18 – Marcação do ponto para curva direita, tubo de 3/8” – utilização da escala de compensação (APIEF)

h. Feito agora o alinhamento desta marca com o batente, pode proceder-se à curvatura.



Fig. 19 – Colocação e curva direita, 90°, tubo de 3/8” (APIEF)

2. COMBUSTÍVEIS E COMBURENTES

2.1. O oxigénio

De uma forma simplificada pode afirmar-se que é **combustível** uma substância que “pode arder” (combustão) e é **comburente** a substância que “alimenta” essa combustão, uma vez iniciada.

Assim, por exemplo, a madeira seca, o álcool etílico ou o gás acetileno são combustíveis (podem arder), mas só arderão se houver ignição, e se o ambiente que os envolve contiver uma substância que alimente a combustão, como por exemplo o oxigénio (comburente).

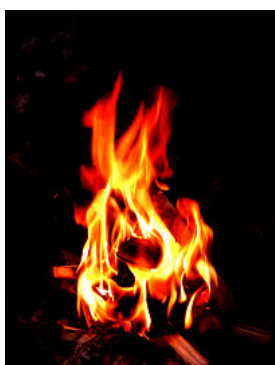


Fig. 20 – Combustão e libertação de energia (Wikicommons)

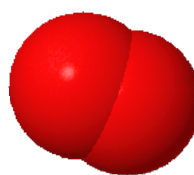


Fig. 21 – Molécula de Oxigénio O_2 (Wikicommons)

O oxigénio é uma substância que se encontra na fase gasosa à temperatura e pressão atmosféricas, com um ponto de ebulição situado nos $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ e um ponto de fusão $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$. A molécula de oxigénio é constituída por dois átomos, ligados através da partilha de dois pares electrónicos de forma relativamente débil, o que potencia o seu processo reactivo.

O conceito de combustão é, no entanto, muito mais amplo que a simples combinação com o oxigénio, já que envolve um complexo número de comportamentos físico-químicos rápidos ou lentos, em que o resultado final consiste em alteração das estruturas moleculares, geralmente acompanhada de libertação de energia.

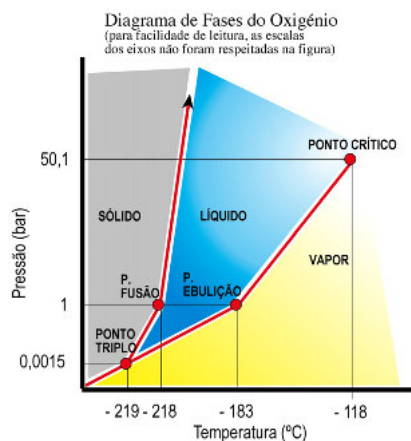


Fig. 22 – Oxigénio: Diagrama de Fases e pontos relevantes (APIEF)

Alguns dos processos de combinação com o oxigénio, pelas suas características especiais, recebem a designação particular de “**oxidação**”. Assim, por exemplo, **um tubo de cobre superaquecido em presença do ar pode oxidar rapidamente, formando-se à sua superfície partículas de óxido de cobre.**

O efeito do oxigénio sobre o cobre sobreaquecido, independentemente do efeito que poderá ter sobre a resistência do próprio cobre, tem, em refrigeração, um efeito colateral que consiste na possível libertação de partículas de óxido no interior das tubagens de cobre. Estas partículas, entrando no circuito frigorífico podem ocasionar problemas em diversos dispositivos da instalação. Daí a necessidade de, em algumas operações envolvendo um aquecimento excessivo de tubos de cobre destinados a circuitos frigoríficos, seja necessário providenciar soluções que restrinjam a possibilidade de formação destes óxidos no interior dos tubos. **Uma resposta possível pode ser a criação de uma atmosfera inerte (azoto) no interior do tubo, como adiante se verá.**

O oxigénio é o comburente por excelência, sendo um dos componentes do ar atmosférico (cerca de 21%), para além do azoto (cerca de 78%), dióxido de carbono, vapor de água e outros. Tenha-se em conta que o azoto, por exemplo não é comburente, pelo que um metal incandescente, na presença de azoto não poderá “oxidar”. Assim, um tubo de cobre superaquecido, sujeito a um ambiente com azoto, não oxidará. Diz-se que neste caso o tubo se encontra em “**atmosfera inerte**”.

A tendência que algumas substâncias apresentam para se combinarem com o oxigénio resulta de a sua estrutura atómica ou molecular ser sensível à estrutura do oxigénio, num processo que se desenrola ao nível electrónico. Numa combustão, o processo de libertação de energia na combinação com o oxigénio pode ser altamente explosivo se o combustível for por exemplo hidrogénio, ou mais controlável se o combustível for acetileno ou gás propano.

2.2. O acetileno (C_2H_2)

O acetileno é uma substância que se encontra na fase gasosa à temperatura e pressão atmosféricas (liquefaz a $-83^\circ C$ e solidifica a $-85^\circ C$) e é mais leve que o ar. A estrutura molecular do acetileno consiste na junção de dois átomos de hidrogénio a dois átomos de carbono, sendo a substância orgânica mais simples da família dos hidrocarbonetos não saturados (alquinos).

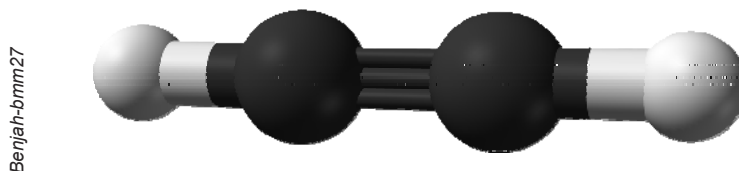


Fig. 23 – Representação da molécula de acetileno C_2H_2 : dois átomos de carbono (a negro), ligam-se a dois átomos de Hidrogénio (a branco)

A ligação tripla entre os dois átomos de carbono é muito frágil, pelo que se quebra facilmente em presença do oxigénio, com libertação de dióxido de carbono e água, para além de grande quantidade de energia

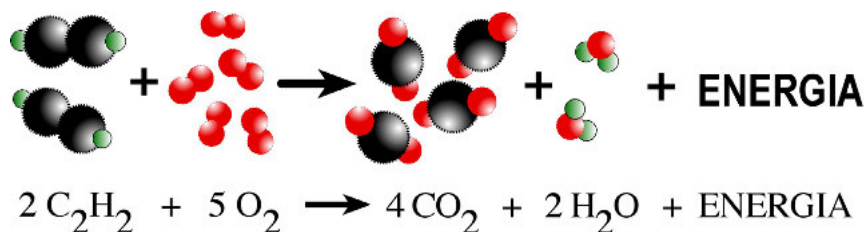


Fig. 24 – Combustão do Acetileno em presença do oxigénio, do ponto de vista molecular: acetileno reage com oxigénio, originando dióxido de carbono e água, e libertando grande quantidade de energia (APIEF)

O acetileno é menos denso que o ar, incolor, com cheiro intenso e desagradável. Pode ser produzido por acção da água sobre o carboneto de cálcio (carbide).

O acetileno é geralmente guardado em garrafas de aço especialmente preparadas com materiais porosos no seu interior, dissolvido em acetona. **Dado ser altamente explosivo, é crítica a forma como é armazenado, não podendo utilizar-se recipientes que não sejam os recomendados pelos fabricantes.**

O carácter explosivo do acetileno pode manifestar-se mesmo na ausência de oxigénio, podendo decompor-se em contacto com outras substâncias, ou mesmo espontaneamente. Devem por isso ser estritamente respeitadas, na sua utilização, as normas de segurança relativas ao uso de substâncias perigosas, nomeadamente no que respeita ao seu carácter explosivo, tóxico e irritante.

2.3. O propano (C₃H₈)

À semelhança do acetileno, o propano encontra-se também na fase gasosa à temperatura e pressão atmosféricas (liquefaz a -42°C e solidifica a -188°C). É um hidrocarboneto pertencente à família dos alcanos, constituído por 3 átomos de carbono ligados a 8 átomos de hidrogénio. **O propano arde em presença do oxigénio, com libertação de dióxido de carbono e água e energia.**

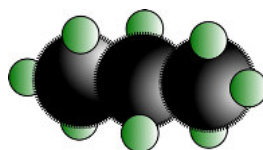


Fig. 25 – Representação simplificada da molécula do propano C₃H₈ (APIEF)

O propano é um gás incolor e inodoro, extraído do petróleo ou do gás natural e componente do combustível GPL, juntamente com o butano. O propano é obtido como subproduto do fabrico da gasolina super, enquanto o butano resulta do fabrico do gasóleo. Em virtude dos riscos associados ao seu manuseamento, o propano é geralmente comercializado com um produto que lhe confere cheiro, de modo a ser mais facilmente detectável.

Sendo um gás mais denso que o ar, tem tendência a acumular-se nas zonas mais baixas, o que é um factor de risco a ter em conta, para além de ser altamente inflamável ou

muito explosivo, dependendo do seu grau de mistura com o ar e de confinamento.

Aplicam-se ao propano regras de segurança muito exigentes que devem obrigatoriamente ser tidas em conta no seu manuseamento.

2.4. Cobre (Cu) e ligas de cobre

É um metal que se encontra no estado sólido à temperatura ambiente (densidade 8,9, funde a 1084°C), **bom condutor de calor e de electricidade, muito dúctil** (fios facilmente deformáveis) e **maleável** (lâminas facilmente deformáveis).

Quando puro, o cobre tem uma cor rosada, que se altera facilmente pela formação superficial de óxidos que lhe dão uma cor avermelhada. Esta reacção com o oxigénio à temperatura ambiente é muito lenta, e protectora de futuras corrosões, sendo frequentemente realizada no processo de fabrico de peças, para melhor as proteger. Não se regista no cobre reacção significativa com a água. Em determinadas condições da envolvente química, pode formar-se o chamado verdete (carbonato de cobre) o qual fragiliza a sua estrutura.

O interesse do uso de tubagens de cobre em instalações de frio reside na sua boa resistência a muitos dos fluidos frigorigéneos mais usuais e à sua fácil moldabilidade e resistência à temperatura. Acresce a boa condutividade térmica, quando se pretende que haja permuta de calor através das suas paredes.

A facilidade com que se pode realizar a ligação entre tubos de cobre e entre tubos deste metal com outros de uso comum, é mais um factor justificativo da sua preferência em AVAC&R.

São hoje utilizadas diversas ligas de cobre, as quais adquirem propriedades muito especializadas, consoante o tipo de utilização que se pretende dar-lhes. A tabela que se segue sintetiza alguma informação sobre essas ligas.

Metal adicionado:	Zinco 3 a 45%	Estanho e outros 2 a 11%	Alumínio até 10%	Níquel até 30%	Fósforo 0,5 a 1,2%
Os metais acima indicados, adicionados a COBRE formam:	LATÕES	BRONZES	CUPROALUMÍNIO	CUPRONÍQUEL	COBRE DHP

A liga Cobre DHP usa-se em tubagens para refrigeração, actuando o fósforo como facilitador do processo de soldadura por brasagem.

A tabela que se segue sintetiza as formas mais usuais de comercialização de tubo de cobre para refrigeração:

Diâmetro exterior		Espessura da parede (mm)	Comercialização	
polegadas	mm		Rolos de 25 m (Tubo maleável com ou sem revestimento)	Varas de 5m (Tubo rígido, sem revestimento*)
1/4	6,4	0,76	●	-
3/8	9,5	0,81		-
1/2	12,7			-
5/8	15,9			-
3/4	19,1	0,89		-
7/8	22,2	0,81	-	●
1	25,4	0,89	-	
1 1/8	28,6		-	
1 3/8	34,9	1,07	-	
1 5/8	41,3	1,27	-	
2 1/8	54,0	1,50	-	
2 5/8	66,7	1,65	-	

* alguns fabricantes disponibilizam tubo em vara com revestimento, nomeadamente o de 7/8"

Uma simples consulta ao mercado permite encontrar uma multiplicidade de acessórios que facilitam a concretização de linhas de tubagem de cobre como curvas, T's, joelhos e uniões de diversos tipos, utilizáveis em particular com tubos rígidos de maiores dimensões.

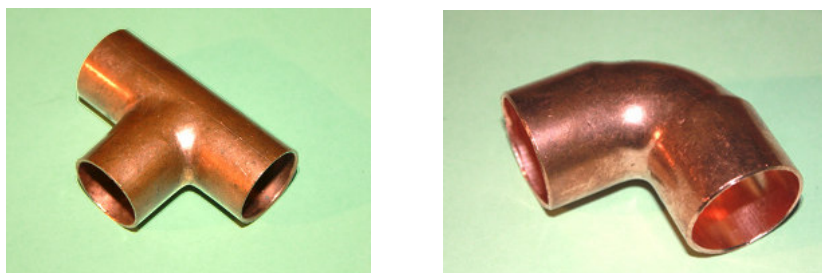


Fig. 26 – Exemplos de acessórios já preparados para a ligação entre tubos (APIEF)

2.5. Principais formas de ligação entre componentes em AVAC&R

2.5.1. Ligações abocardadas (SAE Flare Fitting)

Uma forma simples de promover a ligação entre componentes de um sistema de frio consiste nas chamadas **ligações abocardadas**. O uso deste tipo de ligação é geralmente adequado para refrigeração, embora nem sempre seja aconselhado ou

possível. A principal vantagem reside na ausência de procedimentos de soldadura, os quais nem sempre são possíveis ou aconselhados, dadas as temperaturas necessárias para a soldadura, e a localização por vezes inacessível dos pontos em que as ligações devem ser executadas. A principal desvantagem é a necessidade de dispor de mais alguns materiais que a ligação por soldadura dispensa.



Fig. 27 – Exemplo de uma ligação abocardada (APIEF)

Na ligação abocardada, os tubos devem ser preparados conforme se descreverá adiante, sendo a ligação efectuada por esmagamento do tubo moldado contra uma sede cónica. O grau de esmagamento e a boa concordância entre o tubo e a sede são fundamentais para uma boa ligação. Daqui deriva a necessidade de uma preparação rigorosa do tubo que deverá ficar perfeitamente circular, com as dimensões de moldagem correctas e sem qualquer vestígio de sujidade ou rebarbas.

2.5.2. Ligação de tubos por brasagem para AVAC&R

2.5.2.1. Generalidades; Conceito de “capilaridade”.

A união de tubos por brasagem é um dos procedimentos da instalação de vários componentes dos sistemas frigoríficos e ar condicionado, como por exemplo a instalação de compressores em novos produtos ou a troca de compressores quando da manutenção dos sistemas. A boa qualidade das brasagens tem importância fundamental para se evitar eventuais problemas de funcionamento devidos a fugas e/ou entupimentos nos pontos de brasagem, ou transferências de impurezas ou resíduos no interior da instalação através do fluido frigorigéneo circulante.

Este tipo de ligação entre tubos (junta fechada) baseia-se geralmente numa propriedade física denominada **capilaridade** e que é responsável por muitos processos naturais e industriais, incluindo muitos dos processos relativos ao funcionamento do próprio corpo humano.

A capilaridade aplicada aos líquidos, consiste na capacidade que alguns líquidos apresentam de serem “sugados”, migrarem através de tubos ou lâminas (fendas) muito estreitas, mesmo que para isso tenham que subir em aparente desafio à gravidade contrariando a acção da gravidade. A explicação do fenómeno é simples, resumindo-se ao facto de as moléculas do líquido serem atraídas – ou “molharem” – as paredes do tubo ou das lâminas. Essa atracção pode ser suficientemente forte para “puxar” muitas das

moléculas do líquido, que sendo muito pouco no espaço entre as paredes avança através dele.

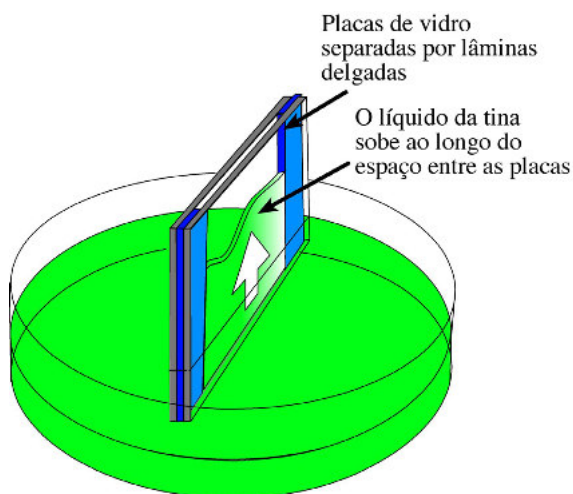


Fig. 28 – Efeito de capilaridade para um líquido que “molha” as paredes (APIEF)

Este é o fenómeno pelo qual o material de adição penetra na junção a ser abrasada, pela atracção das moléculas do material base.

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

- A superfície a ser abrasada está limpa;
- A folga entre as partes a serem brasadas está correcta;
- A área das partes a serem brasadas está suficientemente aquecida para fundir o material de adição.

Na ligação de tubos por brasagem, a extremidade de um dos tubos é alargada de forma a permitir a entrada justa do outro, de modo a que, entre as duas paredes fique apenas uma lâmina muito estreita. Aquecendo os tubos de forma a permitir a fusão de um material de enchimento devidamente preparado, este será sugado para o espaço entre eles por capilaridade, promovendo a respectiva ligação. Adiante se fará a descrição do modo de preparação dos tubos para este efeito.

Do que se expôs resulta que a **brasagem é conseguida através de um metal ou liga de adição, com propriedades diferentes das das peças que se pretende juntar e que se funde para entrar no espaço entre estas**. Dado que o ponto de fusão do material de enchimento é inferior ao das peças, estas não chegam a fundir, pelo que não participam na ligação propriamente dita. A ligação é efectuada pelo próprio material de adição o qual penetra por **difusão**, na estrutura atómica do material das paredes, unindo-as e selando o espaço entre elas.

Às referidas propriedades “capilaridade “ e “ difusão” temos que acrescentar como factores intervenientes numa brasagem eficaz a **molhagem** do material de enchimento, associada a uma baixa **tensão superficial**.

A molhagem consiste na afinidade molecular entre o material de enchimento e as

paredes das peças basadas ou dito de outro modo a a vantagem que existe e que o material “ molhe “estas paredes. Por outro lado convém que a tensão superficial do material de enchimento seja baixa, capacidade que por vezes necessita de ser melhorada através da utilização de substâncias facilitadoras desse processo (decapantes ou fluxos)

Nestes pontos a brasagem difere da soldadura convencional:

- na soldadura convencional, a ligação não é necessariamente feita por capilaridade;
- por temperatura ou por pressão, os materiais que compõem as peças a ligar na soldadura convencional fundem e são parte activa na ligação, podendo haver ou não material adicionado;
- Quando se utiliza material adicionado na soldadura convencional, este é geralmente semelhante aos materiais que se pretende ligar.

Por soldadura convencional entende-se as soldaduras por eléctrodo revestido (SER), as soldaduras por material inerte / gás (MIG) ou as soldaduras por material activo / gás (MAG).

2.5.2.2. Métodos de brasagem

Como se referiu atrás, o material de enchimento deverá ter um ponto de fusão inferior ao dos materiais das peças a ligar. Consoante as temperaturas e as formas de contacto das paredes, distinguem-se três tipos de brasagem: Brasagem forte, Brasagem fraca (ou branda) e Soldobrasagem. Quando neste manual se fala simplesmente em “brasagem” referimo-nos à “brasagem forte”. O quadro seguinte resume a diferença entre estes tipos de brasagem.

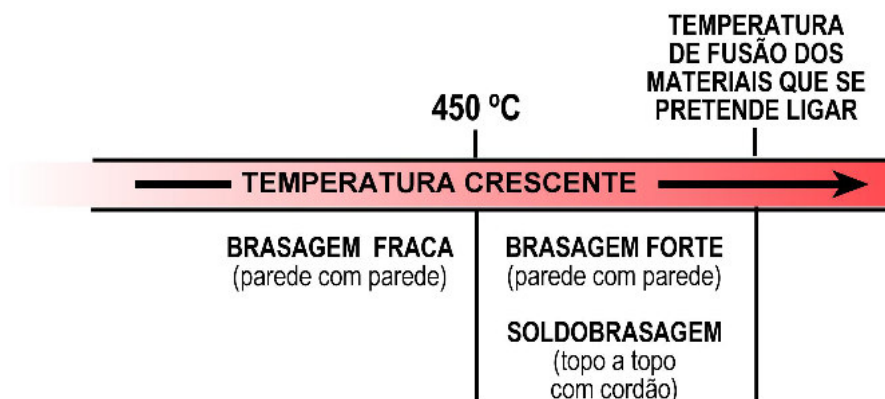


Fig. 29 – Tipos de brasagem: Brasagem Fraca; Brasagem Forte (junta fechada) e Soldobrasagem (junta aberta) (APIEF)

2.5.2.3. Importância das regras de segurança em operações de brasagem

Não será difícil concluir que, se há domínio em que o respeito por regras de segurança é crucial, este é um deles. São próprios desta actividade todos os riscos inerentes aos trabalhos em locais de difícil acesso, ao contacto directo com peças e materiais perigosos em locais ou estaleiros por vezes mal preparados, aos quais acrescem diversos riscos específicos. Os domínios em que se manifestam estes riscos adicionais e próprios de actividades de brasagem podem sintetizar-se em:

- **Riscos para pessoas, sejam operadores directos ou terceiros, nomeadamente:**

- explosão;
- incêndio;
- queimadura por calor;
- intoxicação;

- **Riscos para os equipamentos, para além da explosão e incêndio:**

- fugas de fluido e/ou pouca resistência à pressão em virtude de má execução da brasagem (pouca penetração, material de adição insuficiente ou de má qualidade, temperaturas ou tempo de exposição às mesmas inadequados);
- impurezas no interior da instalação, risco de entupimento, danificar válvulas do compressor;
- aquecimento excessivo de peças, afectação pela temperatura de partes do sistema menos resistentes, zona termicamente afectada, menor resistência a tensões e apertos;
- uso inadequado do próprio equipamento de brasagem ou de ferramentas associadas.

- **Riscos ambientais;**

- principalmente os que derivam de fugas de fluido do sistema frigorífico por deficiente execução da ligações.

- **Riscos económicos.**

- consequência directa dos riscos atrás citados.

Do exposto, resulta a necessidade absoluta de respeitar as normas de segurança aplicáveis a este tipo de actividade, quer ao nível da correcta utilização dos materiais e equipamentos, quer ao nível do uso dos equipamentos de protecção pessoal adequados. Em anexo poderá consultar uma síntese destes procedimentos.

2.5.3. Outros tipos de ligação de tubos em AVAC&R

Existem no mercado outras formas de ligação entre componentes de um sistema de AVAC ou de refrigeração. Nestas formas de ligação utilizam-se materiais, peças e

ferramentas especiais, o que ocasiona algumas dificuldades de execução em virtude de serem soluções pouco generalizadas e relativamente escassas no mercado, e de uma maneira geral mais dispendiosas que os métodos acima referidos.

Neste manual, que se pretende vocacionado para brasagem de tubos de cobre não se desenvolvem estes métodos.

3. BRASAGEM OXIGÁS

3.1. O equipamento para brasagem OXI-ACETILÉNICA

Um posto de soldadura para brasagem oxi-acetilénica compõe-se geralmente de duas garrafas, uma com oxigénio e outra com acetileno, respectivas válvulas de segurança e controlo, e dispositivos de ligação. Estas garrafas estão ainda dotadas de manómetros. Acrescem as mangueiras e o maçarico.

Usualmente estes componentes estão instalados em carros preparados para garantir que as garrafas não caiam e possam ser transportadas com facilidade e segurança. A posição de trabalho para este equipamento é a vertical. Caso seja indispensável inclinar o conjunto, **nunca deve ser excedido o ângulo de cerca de 30° com a vertical.**



Fig. 30 – Conjunto de equipamento para brasagem (APIEF)

Vamos analisar com mais pormenor cada um dos componentes deste conjunto, passando de seguida aos procedimentos de brasagem propriamente ditos.

3.1.1. Garrafas de oxigénio

3.1.1.1. Principais características e regras de manuseamento

A garrafa de oxigénio distingue-se pela cor branca do seu colo. A cor do corpo da

garrafa poderá variar, consoante diversos factores, como por exemplo o mercado a que se destina.

Estas garrafas são geralmente feitas de ferro fundido e disponibilizadas no mercado em diversas dimensões e capacidades. Uma garrafa de oxigénio típica de um posto de brasagem móvel terá uma capacidade de cerca de 8 litros a uma pressão de cerca de 150 bar, embora estes valores possam variar de fabricante para fabricante.

Aplicam-se às garrafas de oxigénio as regras de boas práticas, nomeadamente as relativas à segurança no trabalho, sintetizadas em anexo a este manual. Importa no entanto realçar alguns princípios, nomeadamente:

- Todos os actos que envolvam impactos sobre as garrafas ou seus acessórios devem ser considerados de alto risco.
- É indispensável que a identificação do gás que se encontra na garrafa não ofereça qualquer dúvida ao operador. Em caso de dúvida não se deve actuar, até que a dúvida seja esclarecida. **Pela mesma razão nunca se deve utilizar uma garrafa de oxigénio para qualquer outro gás.**
- Devem ser escrupulosamente respeitadas as sequências de operação e as instruções particulares para cada fase.
- O transvase de gás é uma operação complexa que só pode ser efectuada por técnicos habilitados para o efeito.
- As válvulas devem estar sempre em bom estado e acessíveis.
- Os pontos de ligação a manguelas e dispositivos por onde passe o oxigénio devem manter-se sempre muito limpos e desengordurados. De uma forma geral pode afirmar-se que oxigénio e gordura são perigosamente incompatíveis.
- As válvulas das garrafas vazias devem permanecer fechadas.
- Os capacetes de protecção das garrafas, mesmo quando amovíveis, devem ser considerados sua parte integrante e apenas removidos quando seja indispensável fazê-lo e somente durante esse período. Ao remover este capacete, e não havendo tülipa de protecção, verificar que o capacete é retirado na vertical, não afectado qualquer válvula.
- Nunca utilizar ferramentas para accionar válvulas de garrafas que estejam previstas para uso manual.
- As cores originais de uma garrafa são um aspecto importante para a sua adequada utilização, pelo que nunca se deve pintar uma garrafa.
- Caso haja suspeita de fuga, a respectiva pesquisa apenas pode ser feita com espuma ou com equipamento electrónico adequado. Jamais com chama.
- Ter presente que, tal como se referiu atrás, as garrafas usadas em brasagem oxi-acetilénica devem trabalhar sempre na posição vertical, havendo muito pouca tolerância quanto à sua inclinação quando em uso.
- No transporte de garrafas em veículos, é indispensável que estas estejam bem presas ao veículo e na posição vertical. Uma travagem brusca poderá ter consequências graves se, por exemplo, a válvula de uma garrafa mal protegida se partir por impacto. Sempre que possível, transportar as garrafas em veículos de

caixa aberta, com os mesmos cuidados de acondicionamento.

- Ter sempre bem presentes as normas e os equipamentos de combate a incêndios. No caso do oxigénio, caso as garrafas fiquem sobreaquecidas há o risco efectivo de explosão. As garrafas nestas circunstâncias deverão permanecer em arrefecimento por nuvem de água pelo menos durante meia hora e durante este tempo os operadores devem permanecer afastados dela.

Para um adequado cumprimento destas regras é indispensável conhecer bem o sistema de controlo das garrafas utilizadas. A figura que se segue é um exemplo desse tipo de equipamentos. Assinale-se que neste caso, a garrafa dispõe de uma válvula de abertura e fecho rápido, sendo a pressão controlada por um dispositivo separado e devidamente graduado.

O dispositivo de corte automático tem como função impedir que qualquer tipo de combustão possa comunicar-se ao gás no interior da própria garrafa, impedindo assim a sua eventual explosão.



Fig. 31 – Comando e segurança numa garrafa de oxigénio (APIEF)

3.1.1.2. Montagem do redutor oxigénio

Nunca se esqueça de por os seus óculos antes de começar a trabalhar.... E que um equipamento bem conservado é a garantia da segurança.

Purgar a garrafa abrindo ligeiramente a torneira:

- Verificar se a união de entrada está limpa e não está engordurada
- Montar a redutor sobre a garrafa e apertar a porca da união de entrada com moderação
- Colocar-se no lado oposto ao redutor
- Verificar se o parafuso de regulação está desapertado e abrir lentamente e completamente a torneira da garrafa
- Verificar a estanquicidade da união sobre a garrafa passando água ensaboada sobre a união

NUNCA SE DEVE LUBRIFICAR OS ORGÃOS
EM CONTACTO COM O OXIGÉNEO PERIGO DE EXPLOÇÃO

3.1.2. Garrafas de acetileno

Como se referiu anteriormente, o acetileno carece de garrafas especiais para ser armazenado. De facto, o gás é dissolvido em acetona, numa proporção de até 25 litros de gás dissolvidos em cada litro de acetona, por cada atmosfera de pressão. O interior da garrafa dispõe de um material poroso que embebe a mistura da acetona com o acetileno, e de um filtro na sua parte superior, que apenas permite a passagem do acetileno. **Este procedimento é devido ao facto de o acetileno puro ser altamente explosivo, por simples impacto ou aumento de temperatura.**

Tendo em conta este facto, é obviamente interdita qualquer tentativa de armazenar acetileno em qualquer outro tipo de garrafa ou de o transvazar entre garrafas ainda que próprias, sem os equipamentos e conhecimentos adequados.

As garrafas para acetileno são fabricadas em aço forjado e são identificadas como contendo material explosivo pela cor castanho-avermelhada da sua parte superior. **A cor do cilindro tem alguma variação de fabricante para fabricante, mas mais usualmente é comercializada com toda a garrafa na mesma cor castanho-avermelhada.**

As garrafas de acetileno utilizadas em brasagem são comercializadas a uma pressão máxima de 15 kg/cm² (14,8bar), o que equivale a dizer que uma garrafa a esta pressão poderá conter até cerca de 370 litros de acetileno por cada litro de acetona.

Aplicam-se a estas garrafas as mesmas regras de segurança que foram enunciadas para as garrafas de oxigénio.

A figura seguinte ilustra os dispositivos de comando e protecção de uma garrafa de acetileno, em tudo semelhante à de oxigénio e igualmente munido de um dispositivo de corte automático da chama.

3.1.2.1 Montagem do redutor de acetileno

1. Garrafas para redutores equipados com estribos

- Retirar a tampa da garrafa
- Verificar se a torneira da garrafa está efectivamente equipada com a junta em cabedal
- Proceder como para o oxigénio, mas sem purgar
- Montar o redutor verificando que a união de entrada esteja bem alinhada com a saída da torneira

2. Garrafas para redutores sem estribos

- Proceder como para o oxigénio, mas **sem purgar** e tendo em consideração que a rosca tem um passo “à esquerda”.



Fig. 32 – Comando e segurança numa garrafa de acetileno (APIEF)

3.1.3. Garrafas de propano

As garrafas de propano são geralmente comercializadas em garrafas de cerca de 45 kg, ou 11Kg de gás, Aplicam-se a estas garrafas os princípios de segurança já atrás enunciados, aos convém acrescentar os que se devem à densidade do propano. Como se referiu no Cap. I, o propano é mais denso que o ar, o que o torna adicionalmente perigoso, já que se acumula em locais baixos. **Assim, o trabalho com propano em caves deve ser evitado, bem como em todas as circunstâncias em que o arejamento seja deficiente ou em que haja pessoal a trabalhar junto ao chão. Particular cuidado deve ser tido no que respeita a garrafas mal fechadas.**

Embora lhe seja adicionado um produto que o torna detectável pelo cheiro, esse cheiro é pouco activo e parece estar provado que o sentido do olfacto é o menos susceptível de acordar uma pessoa que esteja a dormir. Assim os cuidados em locais habitados em que se use propano devem ser ainda mais reforçados.

No interior das garrafas o propano encontra-se na fase líquida, pelo que sua pressão se mantém praticamente constante enquanto houver líquido. Por esta razão, para determinar a quantidade de gás, medida a 1 atm, que uma garrafa destas contém teremos que determinar por diferença de taras o seu peso líquido. De uma forma simplificada pode considerar-se que 1 kg de propano líquido ocupará a 1 atm cerca de 520 litros.

3.1.3.1 Caso especial de utilização do propano em vez de acetileno

Respeitar as mesmas regras, excepto no que é relacionado com o acendimento e ajustamento:

- **Abrir ligeiramente o oxigénio e o propano**
- **Acender a chama**
- **Abrir um pouco mais o propano, ajustar a chama aumentando o oxigénio**
- **Continuar desta maneira até à abertura completa do propano**

Se utilizar a mesma técnica utilizada para o acetileno, será impossível acender a chama.



Fig. 33 – Garrafa de gás propano (foto: Repsol).

3.1.4. Maçaricos

Os maçaricos são parte essencial do equipamento de brasagem. **Simplificadamente são a peça em que se realiza o encontro entre os dois gases – combustível e comburente – que constituem a mistura explosiva.** Tratando-se de um dispositivo simples, a sua concepção e manuseamento envolvem alguns aspectos complexos que importa ter em conta:

- **Ligações para as duas mangueiras obedecendo a um código de cores, azul para o oxigénio e vermelho para o acetileno. É indispensável cumprir com rigor a forma de ligação. Esta ligação é dotada de válvulas anti-retorno que fecham automaticamente quando há tendência para o gás recolher à garrafa, aumentando o grau de segurança do sistema.**
- **Punho grande e facilmente manuseável, sem interferir com as válvulas de controle.**
- **Reguladores de débito de cada um dos gases, com cores de acordo com o código referido.**
- **Câmara de mistura dos gases.**
- **Tubo de saída dos gases amovível.**
- **Ponteira amovível.**

De uma maneira geral, o mesmo maçarico pode ser utilizado para diferentes gases e diferentes pressões e débitos, apenas limitado pela disponibilidade de acessórios e pela gama de utilização para que foi fabricado. De uma maneira geral, no corpo do maçarico vêm indicados estes valores.

3.1.4.1 Montagem do Maçarico

- Montar os tubos sobre os casquilhos porta-tubos dos redutores e do maçarico tendo o cuidado de não inverter os dois gases. Utilizar tubos de cores diferentes: azul para oxigénio; vermelho para acetileno (segundo a Norma Internacional)
- Fixar os tubos sobre os casquilhos com as abraçadeiras de aperto
- Recomenda-se que coloque válvulas anti- retorno nos circuitos de oxigénio e acetileno
- Não utilize um maçarico cujo débito seja superior a 1.000 l/h, com uma única garrafa de acetileno.

3.1.4.2 Colocação de Funcionamento

1. Maçaricos Soldadores

Regular a pressão do oxigénio no redutor a um valor compreendido entre 0.8 bar e 1 bar, para um bico nº 0 (400l/h) e entre 1 bar e 1.5 bar para um bico nº1 (1000 l/h)

Regular a pressão de acetileno no redutor a um valor inferior a 0.3 bar

Abriu a torneira de oxigénio ligeiramente e a de acetileno completamente

Acender o maçarico

Ajustar a chama accionando a torneira de oxigénio

3.1.4.3 Paragem

- Depois da utilização, fechar as torneiras das garrafas
- Expulsar o gás dos tubos
- Fechar as torneiras do maçarico
- **DESAPERTAR OS PARAFUSOS DE REGULAÇÃO DOS REDUTORES**

As figuras seguintes documentam um tipo de maçarico bastante generalizado em Portugal, com as respectivas indicações no punho.

Em cada caso será necessário ter em atenção os dados e características fornecidos pelo fabricante e a sua relação com o tipo de trabalho que se pretende realizar.



Fig. 34 – Maçarico para brasagem oxi-acetilénica (APIEF)



Fig. 35 – Maçarico para brasagem oxi-acetilénica – detalhe (APIEF)

3.1.5. Ponteiras

Existem no mercado vários tipos de ponteiras, os quais procuram responder aos aspectos mais diversos de que este trabalho se pode revestir. Assim, é possível encontrar ponteiras com formas especiais, sistemas de encaixe rápido, dotadas de reflectores metálicos que permitem soldar sem danificar peças de equipamento que se situem por detrás da peça que se pretende brasar, etc.

Existem ainda ponteiras dotadas de isqueiros piezoeléctricos que dispensam o uso de isqueiros separados.

Os principais fabricantes destes equipamentos dispõem de catálogos pormenorizados capazes de mostrar as soluções mais adequadas para cada caso.

A versão mais usual deste tipo de equipamentos, e porventura aquela que a maioria dos técnicos irá precisar de usar em AVAC&R é a que se representa na figura 36



Fig. 36 – Ponteira de maçarico para brasagem oxi-acetilénica (APIEF)

3.1.6. Mangueiras

Relativamente às mangueiras, nunca é demais reforçar a absoluta necessidade de as manter em perfeitas condições de funcionamento e segurança no que respeita aos dispositivos de ligação às garrafas e ao maçarico, para além do rigoroso respeito pelas cores correspondentes a cada uma dos gases: azul para o oxigénio e vermelho para o acetileno.

O prazo de validade das mangueiras deve ser respeitado e o seu manuseamento deve ser feito impedindo todo o tipo de impactos violentos, dobras, esmagamento ou exposição ao fogo.

3.1.7. Manómetros

Os manómetros usados em brasagem vêm normalmente acoplados às garrafas, sendo o seu bom funcionamento garantido pelos fabricantes. Também neste caso todo o cuidado deve ser tido, já a pressão de funcionamento para estes equipamento é uma factor muito crítico que deve ser respeitado sob pena de realizar um trabalho feito deficiente ou com risco de explosão por deficiente controlo de pressões de trabalho.

O punho de muitos dos maçaricos existentes no mercado indica geralmente as pressões de trabalho mais adequadas. Este valor deve em absoluto ser respeitado.

3.1.8. Outros acessórios

No trabalho de brasagem há vários acessórios indispensáveis que se reproduzem nas figuras seguintes:

- **Isqueiros especiais** que evitam o uso de fogo directo para fazer a ignição dos gases e permitem fazê-lo sem aproximação das mãos.
- **Espelhos** que permitem visualizar zonas do tubo que, por força da sua colocação, fiquem escondidas do operador.
- **As inevitáveis varetas de material de enchimento**, geralmente com alguma percentagem de prata, como adiante se descreverá.
- **Todo o equipamento de segurança**: óculos, luvas, avental protector, botas com biqueira de aço (risco de queda de garrafas, por exemplo), extintores, material de primeiros socorros.



Fig. 37 – Acessórios para brasagem oxi-acetilénica – espelho, isqueiro e vareta de “solda” (material de enchimento) (APIEF)



Fig. 38 – Equipamento de segurança adequado a brasagem oxi-acetilénica (ad. APIEF)

3.2. BRASAGEM OXI-ACETILÉNICA

As secções que se seguem foram parcialmente adaptadas sob licença de um original da marca “Embraco”

3.2.1 Natureza da chama

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

- **Oxigénio: gás que activa a combustão (comburente)**
- **Acetileno: gás combustível**

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

A temperatura máxima da chama oxiacetilénica é de aproximadamente 3100°C, nas proximidades da extremidade do dardo, como mostra a figura 40.

A chama de acetileno ao ar é amarela e muito pouco quente, com libertação de fuligem abundante, resultado da sua combustão incompleta. Com se viu no cap.I, o acetileno necessita de grandes quantidades de oxigénio para que a sua combustão seja completa.

A torneira azul do maçarico permite injectar oxigénio e a mistura dos dois gases ganha grande poder calorífico. As figuras seguintes ilustram as características da chama à medida que se vai procedendo à sua regulação, bem como as zonas características da chama e respectivas temperaturas.

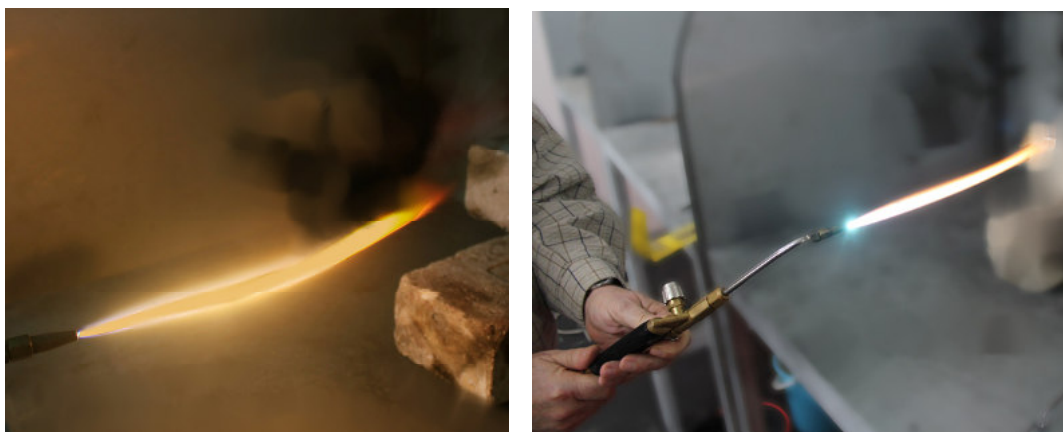


Fig. 39 – Chama de acetileno, sem junção de oxigénio, à esquerda e com adição de oxigénio (torneira azul), à direita (APIEF)

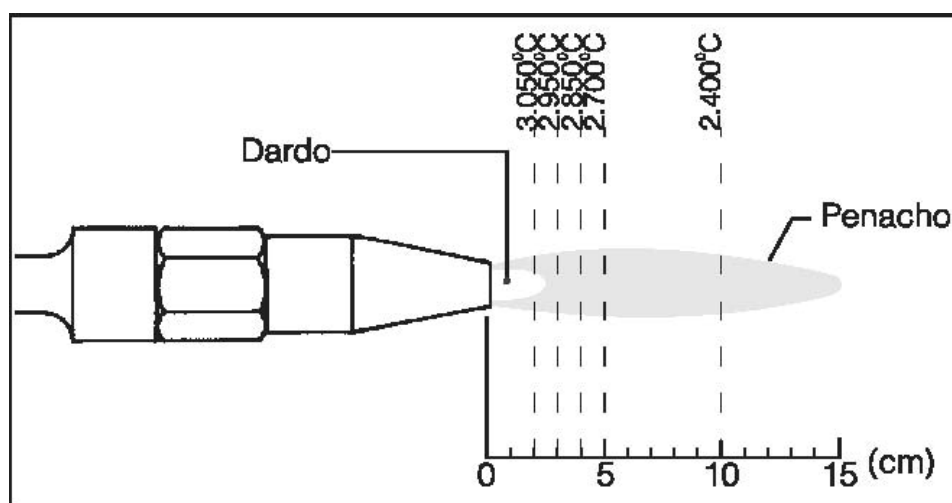


Fig. 40 - Temperaturas de combustão nas diferentes zonas da chama (EMBRACO)

3.2.2. Regulação da chama

No processo de brasagem oxi-acetilénica existem três tipos básicos de chama:

3.2.2.1 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**

ligações de aço cobreado com tubos de aço ou ligações de aço cobreado com tubos de cobre e vice-versa.

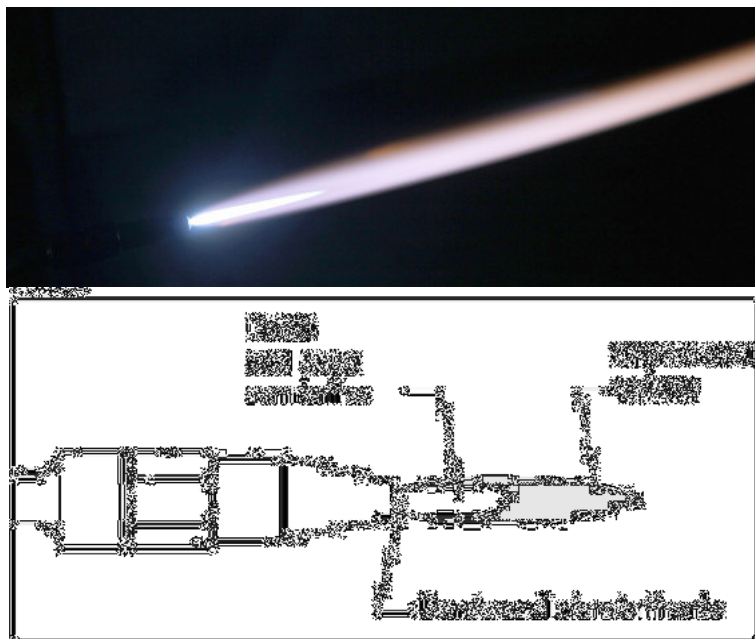


Fig. 41 - Características visuais da chama redutora ou carburante (APIEF; EMBRACO)

3.2.2.2 Chama neutra

A 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.**

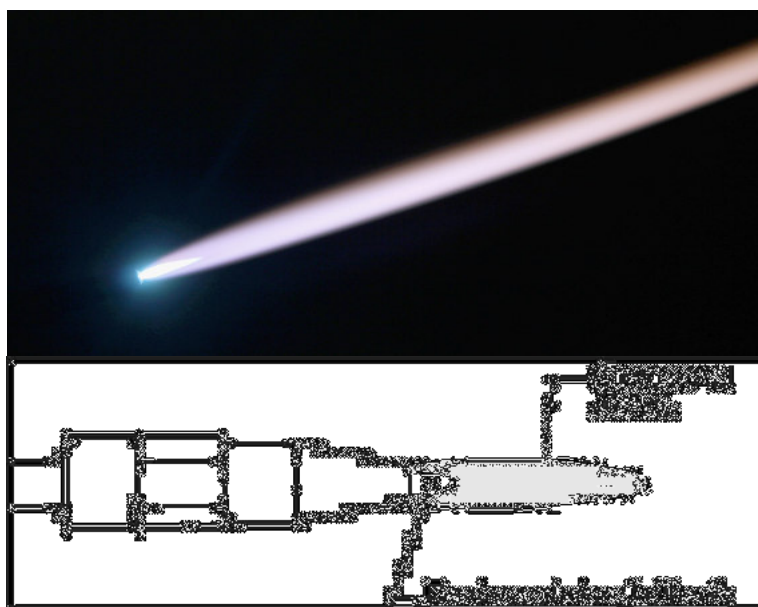


Fig.42 -Características visuais da chama neutra (APIEF; EMBRACO)

3.2.2.3 Chama oxidante

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

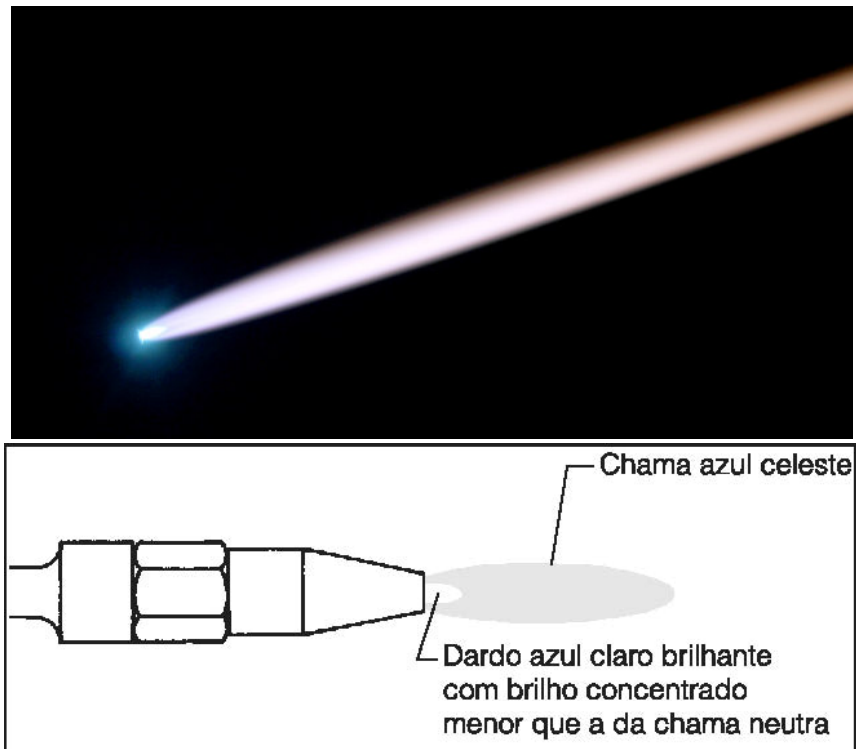


Fig. 43 - Características visuais da chama oxidante (APIEF; EMBRACO)

3.2.3 Ação de capilaridade

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

Após o aquecimento adequado, o material de adição funde-se 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 correcta;
- A área das partes a serem brasadas está suficientemente aquecida para fundir o material de adição.

3.2.4 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 mostra a figura 44.

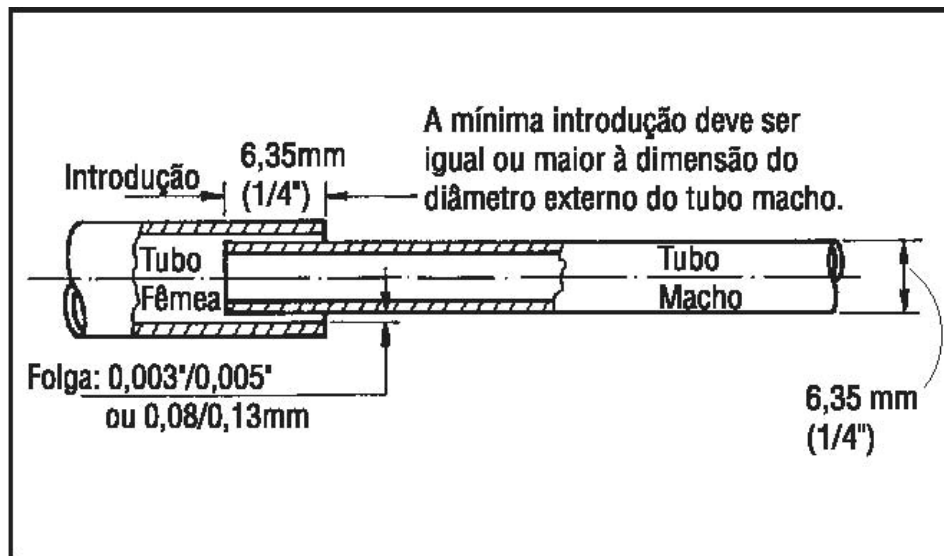


Fig. 44 - Folga e introdução dos tubos (EMBRACO)

3.2.5. Limpeza da tubagem a ser brasada

Os tubos a serem brasados devem estar livres de óleo, gordura, 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 consequências 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, podem reagir com os óleos éster e gerar a formação de sais que se depositam no capilar.

O fluxo usado em brasagem tem a seguinte finalidade

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

3.2.6. Preaquecimento

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

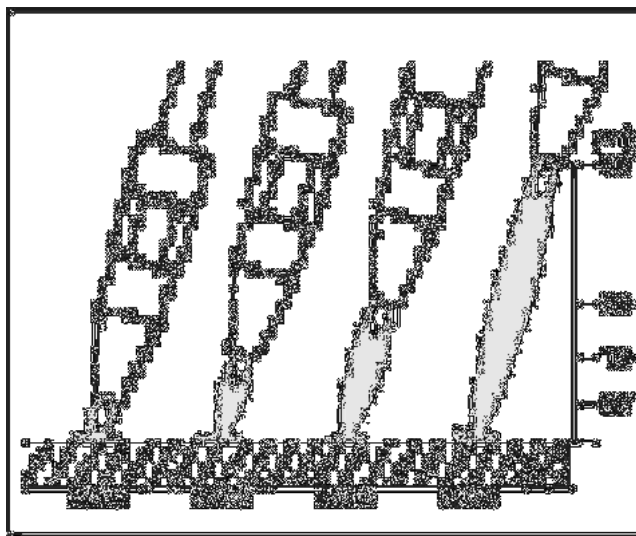


Fig. 45 -Temperatura x distância do dardo até a peça (EMBRACO)

Em refrigeração, onde é comum a brasagem em tubagens, 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 46. 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.

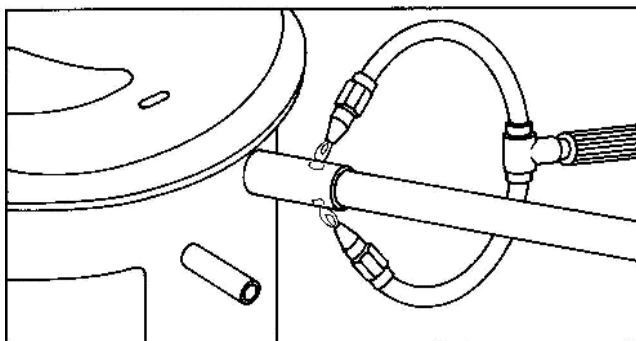


Fig. 46 -Maçarico para brasagem em tubulações (EMBRACO)

IMPORTANTE: A brasagem de compressores com ligações por tubos de cobre requer um cuidado adicional bem como um procedimento específico no tocante ao preaquecimento. Informações adicionais constam em **3.3.2.2**.

3.3 -PROCESSOS DE BRASAGEM EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

3.3.1 Ligações de AÇO COBREADO com TUBOS DE COBRE OU AÇO

3.3.1.1 Material de adição / Fluxo de brasagem e regulação 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).

3.3.1.2 Sequência de brasagem

- A. Certifique-se que a tubagem a ser brasada está livre de gorduras, óleo, óxidos ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais.
- B. Antes de aquecer os tubos aplique fluxo sobre o local a ser brasado.
- C. Aqueça uniformemente o tubo macho e o tubo fêmea, sem incidir a chama directamente sobre a porção que possui fluxo, movimentando a chama do ponto A ao ponto B e vice versa (Fig. 47).

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

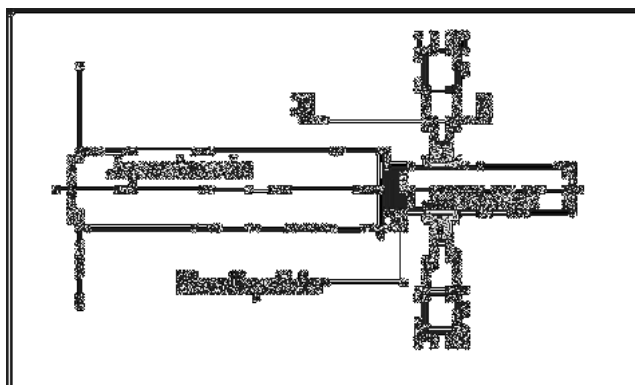


Fig. 47 – Brasagem de aço cobreado com tubos de cobre ou de aço - aquecimento (EMBRACO)

- D. Imediatamente após ter aquecido os tubos e liquefeito o fluxo, encoste a ponta da vareta de solda pré-aquecida 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.

- E. 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. 48).

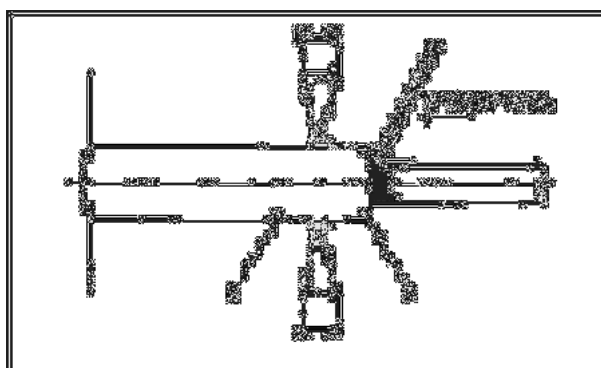


Fig. 48 – Brasagem de aço cobreado com tubos de cobre ou de aço – adição de material de enchimento e movimentação da chama (EMBRACO)

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

- F. 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).
- G. A aparência da brasagem deve ser de acordo com o mostrado na figura 48.

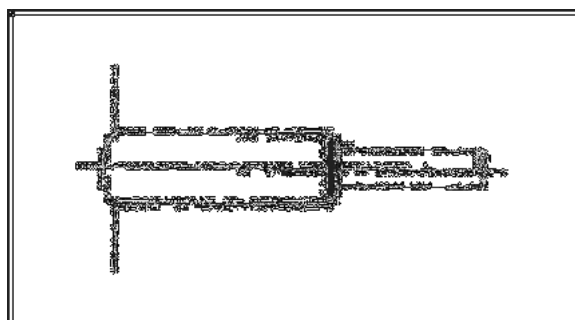


Fig. 49 – Aparência final da peça correctamente braseada (EMBRACO)

- H. Em caso de suspeita ou identificação de poros, aqueça novamente movimentando o maçarico do ponto A ao ponto B e vice versa (ver Fig. 48). Se necessário, acrescente o mínimo possível de material de adição.

3.3.2 Ligações de TUBOS DE COBRE com TUBOS DE COBRE

3.3.2.1 Material de adição / Fluxo de brasagem e regulação 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 regulação da chama deve ser neutra.

3.3.2.2 Cuidados a tomar na brasagem de ligações de tubo de cobre a compressores

Durante o processo de brasagem dos tubos de ligação em cobre, muito cuidado deve ser tomado para **não comprometer a solda dos passadores junto ao corpo do compressor**, evitando assim possíveis fugas do fluido frigorígeno. Para esta finalidade, a chama deve ser direccionada no sentido oposto ao compressor e deve incidir de maneira mais intensa na extremidade do tubo fêmea (6mm finais), conforme mostrado na figura 50. A chama adequada é a neutra e a vareta de solda conforme especificado no item anterior. **Portanto, evite direccionar a chama sobre a parte brasada ao corpo do compressor e efectue o preaquecimento do passador somente na área próxima a sua extremidade.**

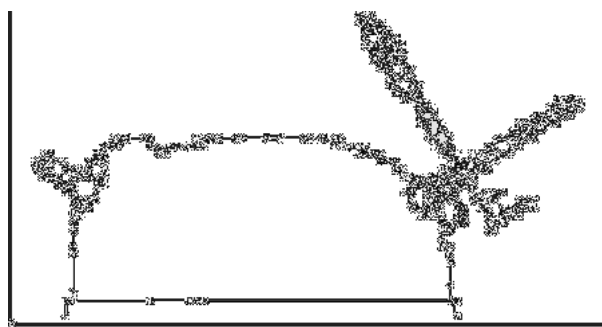


Fig. 50 – Cuidados na brasagem na ligação a compressores (EMBRACO)

IMPORTANTE: Evite que a tubagem a ser brasada fique sob tensão pois nesta situação há uma grande probabilidade de ocorrência de fendas no tubo de cobre e no próprio material de adição.

3.3.2.3 Sequência de brasagem

- A. Certifique-se que a tubagem a ser brasada esteja livre de óleo, gordura, óxidos, tinta ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais. O preaquecimento dos passadores deve seguir as recomendações constantes no **3.3.2.2**.
- B. 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 51).
- C. Encoste a ponta da vareta de material de adição no local a ser brasado.

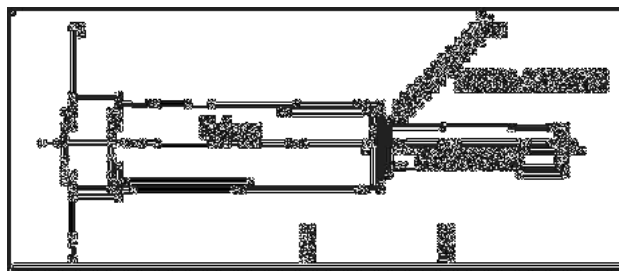


Fig. 51 – Colocação da vareta na zona a brasar (EMBRACO)

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 directamente sobre a vareta. Deixe que ela funda pela transmissão de calor dos tubos.

- D. 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).
- E. Em caso de suspeita ou identificação de poros, aqueça novamente movimentando o maçarico do ponto A ao ponto B e vice versa (ver Fig. 51). Se necessário acrescente o mínimo possível de material de adição.

3.3.3 Ligações de TUBOS DE COBRE com TUBO DE AÇO

O material de adição, fluxo de brasagem, regulação da chama e sequência de brasagem seguem as mesmas orientações constantes do item 3.3.1. Entretanto, atenção especial deve ser dada aos cuidados a serem tomados na brasagem de passadores de cobre, conforme mencionado no item 3.3.2.2.

3.4 -FALHAS COMUNS NA BRASAGEM

3.4.1 Falta de penetração do material de adição

Este tipo de falha geralmente é observado quando o maçarico é direccionado somente à união a ser brasada, não proporcionando um aquecimento da região vizinha à mesma. Os tubos não aquecidos adequadamente **prejudicam a acção de capilaridade do material de adição** que se funde somente onde a chama foi aplicada (Fig. 52).

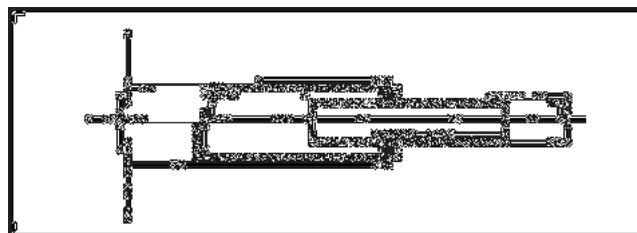


Fig. 52 – Má penetração do material de adição (EMBRACO)

3.4.2 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.

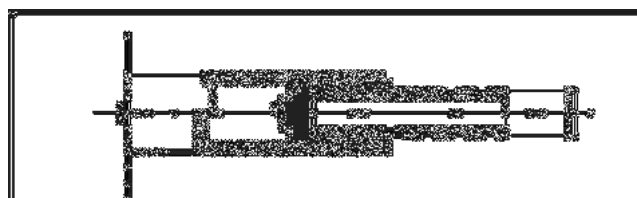


Fig. 53 – Obstrução do tubo pelo material de adição (EMBRACO)

3.4.3 Quebra, fragilização e porosidade

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

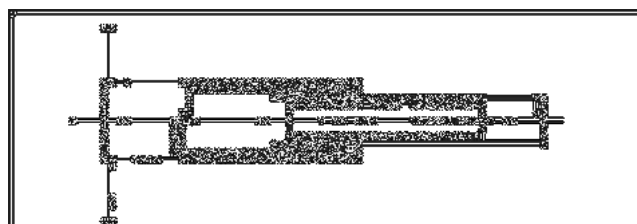


Fig. 54 – Porosidade do material de adição (EMBRACO)

3.4.4 Utilização de chama inadequada

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

A má regulação 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 regulação correcta da chama, e sua aplicação para cada tipo de

material a ser brasado, veja itens 3.2.

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.

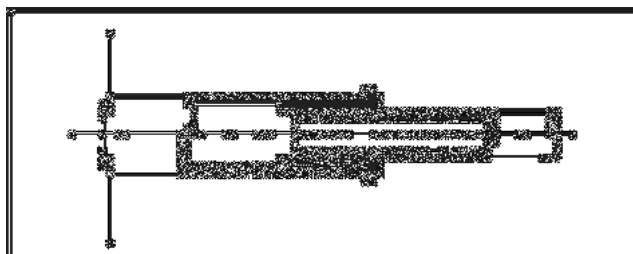


Fig. 55 – Excesso de material de adição (*EMBRACO*)