

AeroTD

ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

Tubulações e Conexões

Prof. Luis Antonio Verona



CNPJ	72.443.914/0001-38
Mantenedora	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
Instituição	AERO TD Escola de Aviação Civil
Esfera Administrativa	Privada
Endereço (Rua, N°.)	Rua Madalena Barbi nº 46.
Cidade UF CEP	Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-200
Telefone Fax	(48) 32235191
Eixo Tecnológico:	Infraestrutura
Curso:	Profissionalizante em Manutenção de Aeronaves - Habilitação Grupo Motopropulsor
Carga Horária Total:	1034 horas

Sumário

Apresentação da Disciplina _____ 4

Módulo I _____ 6 - 33

Módulo II _____ 36 - 47

Apresentação da Disciplina

Caro Aluno,

Esta disciplina é apresentada a você, de forma a identificar as tubulações e conexões e a compreender os seus usos nos diversos sistemas em que são utilizadas em uma aeronave, assim como as práticas padronizadas de manutenção e reparos, empregadas nestas partes.

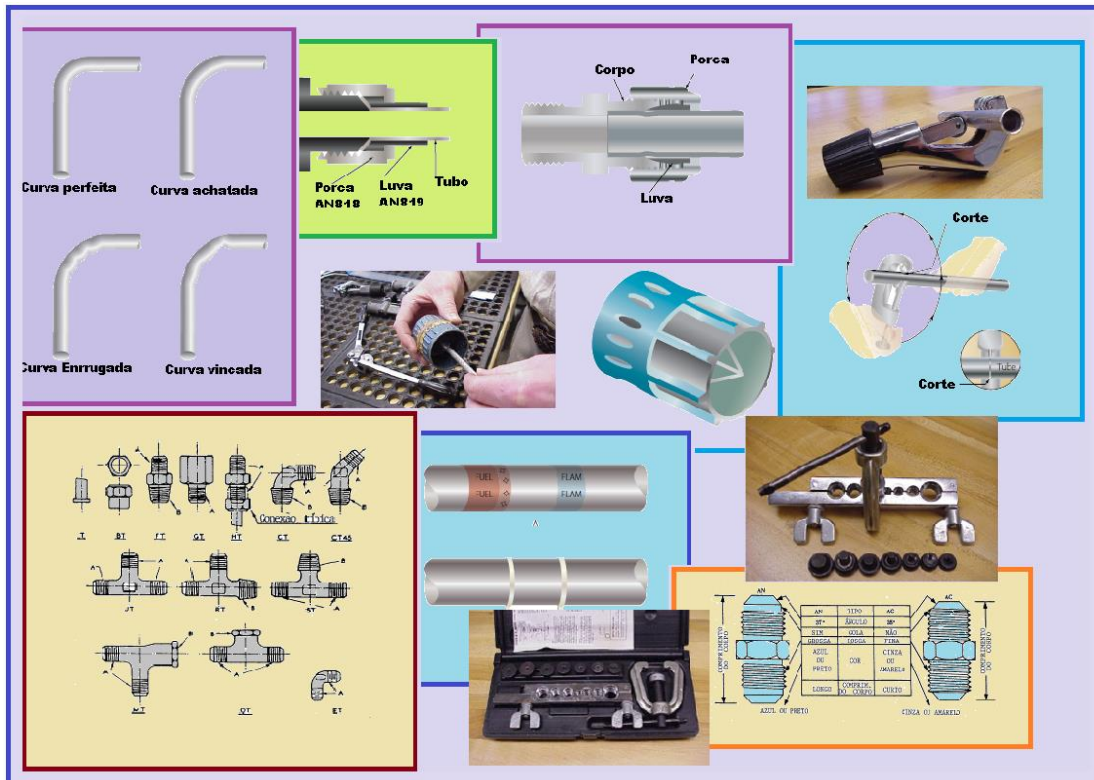
Todo o conteúdo teórico será exposto de uma forma simples e direta.

Para tanto, dividimos o conteúdo da disciplina em dois módulos, sendo:

- *Módulo I – onde serão mostrados os diversos tipos de Tubulações e Conexões empregadas nas aeronaves e as práticas de manutenção e substituição pertinentes a essas partes.*
- *Módulo II – onde serão mostrados os diversos tipos de reparos nas tubulações e conexões, além do emprego das mesmas nas linhas dos sistemas que equipam uma aeronave.*

Forte abraço!

Prof. Luis Antonio Verona



Fonte: BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

MÓDULO I

TUBULAÇÕES E CONEXÕES

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

No decorrer deste modulo, você verá que as tubulações e conexões utilizadas em aeronaves possuem características específicas e que exigem critérios na sua fabricação, aplicação, inspeção e manutenção.

Vamos lá!

O termo "tubulações de aeronaves", não se refere somente a mangueiras, tubos e conexões usados em aeronave, mas também, aos processos de fabricação e instalação deles.

Ocasionalmente, pode ser necessário reparar ou substituir as tubulações que estejam danificadas nas aeronaves. Na maioria das vezes, o reparo pode ser feito pela simples substituição do tubo. Mas se a substituição não for possível, a fabricação daquela peça torna-se necessária.

A substituição de uma tubulação deverá ser feita por outra do mesmo material e do mesmo formato.

Todas as tubulações são testadas, quanto à pressão, antes da instalação inicial e são designadas para resistir muitas vezes à pressão normal de operação, para a qual elas serão submetidas.

Se um tubo estourar ou rachar, isto geralmente é o resultado de uma severa vibração, instalação imprópria ou dano causado pela colisão ou atrito com outro objeto.

Todas as falhas de tubulações deverão ser cuidadosamente estudadas, até que a causa da falha seja determinada.

As linhas de tubulações de aeronaves, usualmente são feitas de tubos de metal e ou conexões ou de tubos flexíveis (mangueiras).

As tubulações de metal são amplamente usadas em aeronaves, para as linhas de combustível, óleo, fluido refrigerante, oxigênio, instrumentos e sistemas hidráulicos.

As tubulações flexíveis são, geralmente, usadas com partes móveis ou onde a tubulação esteja sujeita a vibração considerável.

Geralmente, as tubulações de liga de alumínio ou de aço resistente à corrosão, têm substituído as tubulações de cobre.

O alto fator de fadiga das tubulações de cobre é a razão principal para esta substituição. A vibração o torna endurecido e frágil e sujeito a rachaduras, porém ele pode ser restaurado pelo recozimento, aquecido ao rubro e mergulhado em água fria.

A refrigeração pelo ar resultará em certo grau de amolecimento, mas nunca igual ao obtido com a água fria. Este processo de recozimento deve ser executado se o tubo de cobre for removido por qualquer razão.

A inspeção do tubo de cobre por rachaduras, endurecimento, fragilidade e condições gerais, deverá ser executada em intervalos regulares para impedir falhas.

A maneabilidade, a resistência à corrosão, e o baixo peso do alumínio e suas ligações são os principais fatores nesta adoção para as tubulações das aeronaves.

Em algumas instalações hidráulicas especiais de alta pressão (3.000 p.s.i.), são usadas as tubulações de aço resistente à corrosão, as recozidas ou as de 1/4 de dureza.

As tubulações de aço, resistente à corrosão, não devem ser recozidas para "flangear" ou dar a forma necessária. De fato, a seção flangeada é um tanto endurecida pelo trabalho a frio e pelo esforço durante o processo de flangeamento.

Este aumento da resistência à tensão permite o uso de tubulações com paredes finas. Em consequência, o peso final da instalação não é muito maior do que àquela com tubulações de liga de alumínio e paredes mais grossas.

1.1 IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Antes de efetuar reparos em qualquer tubulação de aeronave, é importante efetuar uma acurada identificação do material de que são feitas.

As tubulações de liga de alumínio ou aço podem ser identificadas imediatamente pela observação do local, onde está sendo usada como material básico. Porém é difícil determinar se o material é aço carbono, aço inoxidável ou se é liga de alumínio 1100, 3030, 5052-0, ou 2024-T.

Pode ser necessário testar amostras do material quanto à dureza pelo uso da lima e quanto a arranhões usando um riscador. O teste do ímã é o método mais simples para distinguir entre o aço inoxidável recozido austenítico e o ferrítico.

Os tipos austeníticos não são magnéticos, a menos que excessivamente trabalhados a frio, considerando que o carbono cromado puro e as baixas ligas dos aços são fortemente magnéticos.

A Figura 1 fornece os métodos de identificação dos cinco materiais metálicos, usando os testes do ímã e do ácido nítrico concentrado.

Material	Teste do imã	Teste do ácido nítrico
Aço carbono	Fortemente magnético	Ação química lenta, marron
18-8	Não magnético	Nenhuma ação
Níquel puro	Fortemente magnético	Ação lenta, verde claro
Monel	Ligeiramente magnético	Ação rápida, azul esverdeado
Aço níquel	Não magnético	Ação rápida, azul esverdeado

Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.*

Figura 1: Identificação dos materiais metálicos

Comparando as marcações em código da tubulação substituta com a marcação original da tubulação que está sendo substituída, é possível identificar definitivamente o material usado na instalação original. A designação da liga é estampada na superfície das grandes tubulações de liga de alumínio, enquanto que nas pequenas, a designação pode ser estampada na superfície, mas muitas vezes ela é mostrada por um código de cores.

Faixas com o código de cor e com a largura máxima de quatro polegadas são pintadas nas duas extremidades e aproximadamente, no meio de algumas tubulações. Quando a faixa é composta de duas cores, a metade é usada com cada uma.

Os códigos de cores usados para identificar a liga de alumínio das tubulações são:

Número de liga de alumínio	Cor da faixa
1100	Branca
3003	Verde
2014	Cinza
2024	Vermelha
2052	Púrpura
6053	Preta
6061	Azul e Amarelo
7075	Marrom e Amarelo

As tubulações de liga de alumínio, 1100 ou 3003 são usadas em linhas de uso geral com fluidos, sob pressão baixa ou desprezível, como as linhas dos instrumentos e condutos de ventilação.

O 2024-T e o 5052-O são materiais usados em tubulações de sistemas de uso geral, com pressão baixa ou média, como sistema hidráulico ou pneumático, com pressões entre 1.000 e 1.500 p.s.i. e linhas de combustível e óleo. Ocasionalmente esses materiais são usados em sistemas de alta pressão (3.000 p.s.i.).

Tubulações feitas com as ligas de alumínio 2024-T e 5052-O resistirão entre pressão moderada e alta, antes de um rompimento. Estes materiais são facilmente flangeados e são macios o bastante, para serem trabalhados com ferramentas manuais. Eles devem ser manuseados com cuidado para evitar arranhões, mossas e cortes.

A tubulação de aço resistente à corrosão, tanto a recozida como a de 1/4 de dureza, é usada extensivamente em sistemas hidráulicos de alta pressão, para a operação do trem de pouso, flapes, freios e semelhantes.

As linhas de freio externas devem ser sempre de aço resistente à corrosão, para diminuir o risco de danos causados por pedras atiradas pelos pneus durante a decolagem e o pouso e pelo manuseio descuidado no solo.

Embora as marcas de identificação das tubulações de aço sejam diferentes, cada uma, normalmente, inclui o nome do fabricante ou marca registrada, o número SAE, e a condição física do metal.

As tubulações de metal são medidas pelo diâmetro externo, sendo indicadas em 16 avos de polegada. Então, o tubo número 6 mede 6/16 de polegada (ou 3/8"), e o tubo número 8 mede 8/16 de polegada (ou 1/2"), etc.

Como acréscimo para outra classificação ou meio de identificação, as tubulações são fabricadas com várias espessuras de parede. Assim, quando um tubo está sendo instalado, é importante conhecer não somente o material e o diâmetro externo, mas também a espessura da parede do tubo.

1.2 TUBULAÇÕES FLEXÍVEIS (Manguelras)

As tubulações flexíveis são usadas nos sistemas de tubos, para conectar partes móveis com partes estacionárias, em locais sujeitos a vibração ou de grande flexibilidade. Elas podem, também, atuar como um conector em sistemas de tubulações metálicas.

Mangueiras Sintéticas

Os materiais sintéticos mais usados na fabricação de tubos flexíveis são: Buna-N, Neoprene, Butyl e Teflon (marca registrada da Du Pont).

O **Buna-N** é um composto de borracha sintética, que tem excelente resistência aos produtos do petróleo. Não deve ser confundido com Buna-S. Não usar para fluidos hidráulicos com base fosfato éster (Skydrol).

Neoprene é um composto de borracha sintética, que tem uma base de acetileno. Sua resistência aos derivados do petróleo não é tão boa como a Buna-N, mas tem melhor resistência abrasiva. Não usar para fluidos hidráulicos com base fosfato éster (Skydrol).

Butyl é um composto de borracha sintética, feito de materiais do petróleo bruto. Ele é um material excelente para uso com fluidos hidráulicos, com base fosfato éster (Skydrol). Não usar com derivados do petróleo.

Teflon é a marca registrada Du Pont, para a resina de tetrafluoroetileno. Ele tem uma extensa gama de temperaturas de operação (-54°C a +230°C ou -65°F a +450°F), é compatível com quase todas as substâncias ou agentes usados e oferece pequena resistência ao fluxo. Materiais viscosos e pegajosos, não aderem ao Teflon, que tem menos expansão volumétrica do que a borracha e o período de estocagem e o de serviço, que são praticamente ilimitadas.

Mangueiras de Borracha

A mangueira de borracha flexível consiste de um tubo interno de borracha sintética, sem costura, coberto com camadas de algodão trançado e malha de arame e outra camada de borracha, impregnada com malha de algodão.

Este tipo de tubulação é adequado para o uso com combustível, óleo, refrigerante do motor e sistemas hidráulicos. Os tipos de mangueiras são normalmente classificados pela quantidade de pressão que elas são destinadas a resistir, sob as condições normais de operação.

1. Baixa pressão: qualquer pressão abaixo de 250 p.s.i. Reforço de tecido trançado.
2. Média pressão: pressões até 3.000 p.s.i. Reforço de uma malha de arame. Menores medidas suportam pressão até 1.500 p.s.i.
3. Alta pressão: todas as medidas até 3.000 p.s.i. de pressões de operação.

As marcas de identificação consistindo de linhas, letras e números, são impressas nas mangueiras flexíveis (ver a Figura 2). Essas marcações em código fornecem informações como: medida da mangueira, fabricante, data da fabricação e limites de pressão e de temperatura.

As marcações em código auxiliam na substituição de uma mangueira flexível por outra da mesma especificação ou uma substituta recomendada.

A mangueira adequada para o uso com fluido hidráulico de base fosfato éster, é marcada com "*Skydrol use*".

Em algumas ocasiões, vários tipos de mangueiras podem ser adequados para um uso idêntico. Portanto, para uma perfeita seleção de mangueiras, consultar sempre o manual de manutenção ou o de peças, para uma aeronave em particular.

Mangueiras de Teflon

A mangueira flexível de Teflon é projetada para satisfazer às condições de altas temperaturas e pressões encontradas nos sistemas das aeronaves. Ela pode ser usada da mesma maneira que as mangueiras de borracha. As mangueiras de Teflon são processadas e extrudadas no formato de tubo, para um determinado tamanho. Elas são cobertas com fios de aço inoxidável, os quais são trançados sobre o tubo, para resistência e proteção.

A mangueira de Teflon não é afetada por qualquer combustível conhecido, petróleo ou óleos de base sintética, álcoois, líquidos de refrigeração ou os solventes normalmente usados em aeronaves. Embora tenha uma alta resistência à vibração e fadiga, a principal vantagem dessa mangueira é a sua resistência de operação.

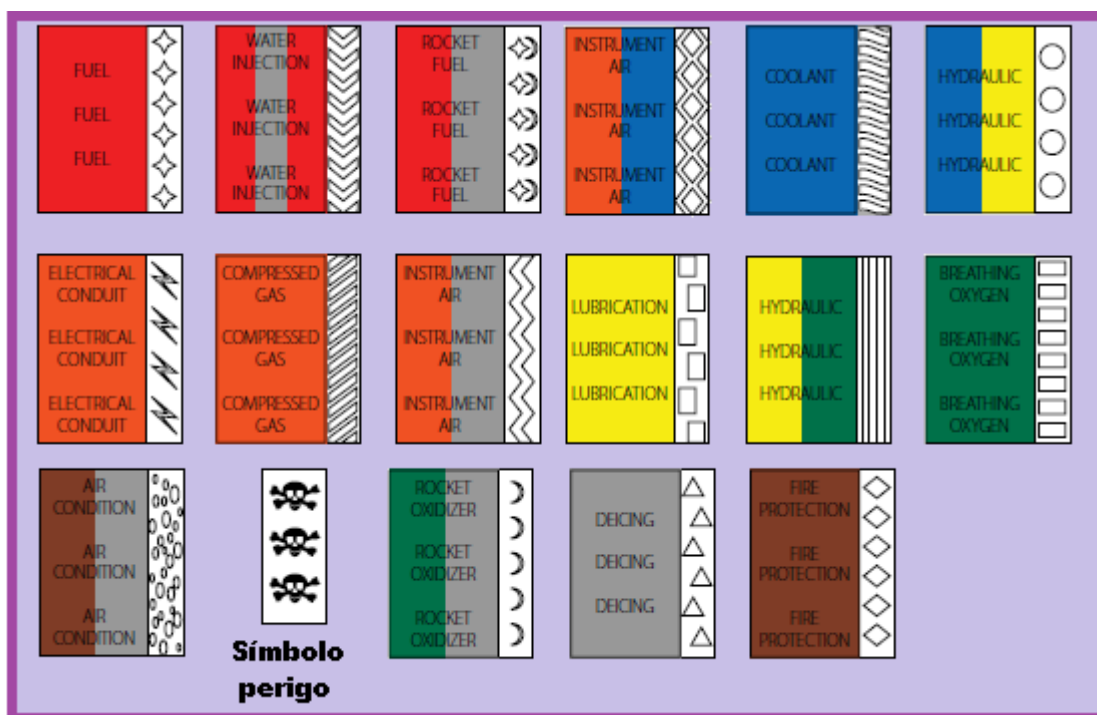
Designação do Tamanho

A medida das mangueiras flexíveis é determinada pelo seu diâmetro interno. As variações de tamanho são em incrementos de 1/16 de polegada e são idênticos aos tamanhos correspondentes das tubulações, com as quais elas podem ser usadas.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figura 2: Identificação de tubulações flexíveis.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.*

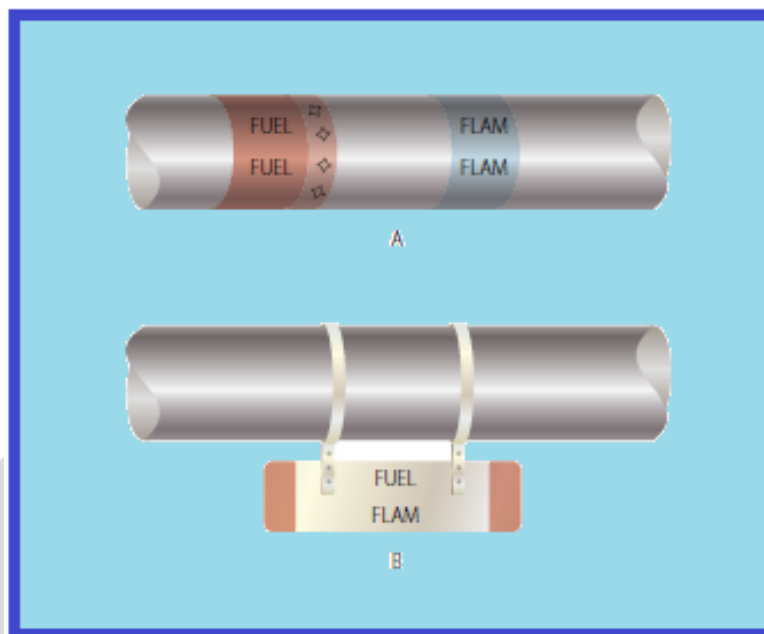
Figura 3: Identificação das linhas de fluidos de aeronaves.

Identificação das Linhas de Fluido

As linhas de fluido das aeronaves são muitas vezes identificadas por marcações em código de cores, palavras e símbolos geométricos. Essas marcações identificam a função, o conteúdo e o principal perigo de cada linha, tão bem quanto à direção do fluido. A figura 3 ilustra os vários códigos de cores e os símbolos usados para designar o tipo de sistema e seu conteúdo.

Na maioria das vezes, as linhas de fluido são marcadas com decalques ou tiras de uma polegada de largura, como mostra a Figura 4 (A). Em linhas de 4 polegadas de diâmetro (ou maiores), linhas em ambientes gordurosos, linhas quentes e em algumas linhas frias, etiquetas de aço podem ser usadas no lugar de fitas adesivas ou decalques, como é mostrado na Figura 4 (B). A pintura deve ser usada em tubulações, nos compartimentos do motor onde poderá haver a possibilidade dos decalques, fitas adesivas ou etiquetas a serem sugadas pelo sistema de indução do motor.

Além das marcações mencionadas, certas linhas podem ser identificadas com marcações adicionais, como a função específica de um sistema, por exemplo, DRENO (*DRAIN*), VENTILAÇÃO (*VENT*), PRESSÃO (*PRESSURE*), ou RETORNO (*RETURN*).



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figuras 4(A) e 4(B): Identificação das linhas de fluido usando (A) fitas e decalques e (B) etiquetas metálicas.

As linhas transportando combustível podem ser marcadas INFLAMÁVEL (*FLAM*), e as linhas contendo material tóxico são marcadas TÓXICO (*TOXIC*) no lugar de INFLAMÁVEL (*FLAM*). As linhas contendo materiais que possam causar danos físicos, tais como oxigênio, nitrogênio ou freon, são marcadas PHDAN (*physically dangerous*).

Os fabricantes do motor da aeronave são responsáveis pela instalação original das marcas de identificação, mas o mecânico de aviação é responsável pela sua substituição, quando se tornar necessário.

Geralmente, fitas adesivas e decalques são colocados em ambos os finais de uma linha e pelo menos um a mais em cada compartimento por onde a linha passa. Além disso, marcas de identificação são colocadas próximas de cada válvula, regulador, filtro ou outro acessório que faça parte de uma linha.

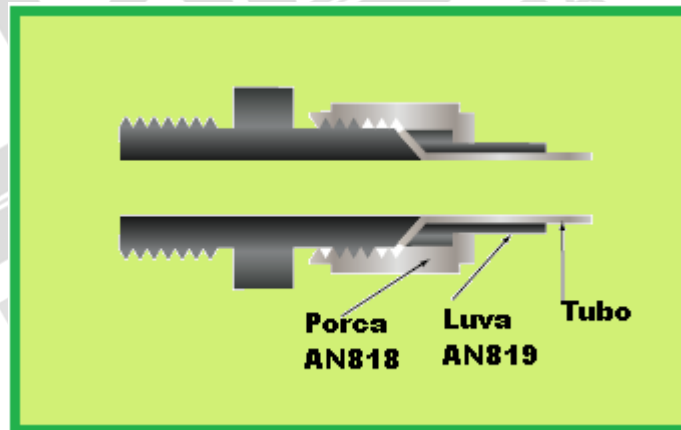
Onde pintura ou etiqueta é usada, as exigências de localização são as mesmas para as fitas adesivas e os decalques.

1.3 CONEXÕES

Os conectores de tubulações ou conexões unem um pedaço de tubo ao outro ou a uma unidade do sistema. Eles são de quatro tipos:

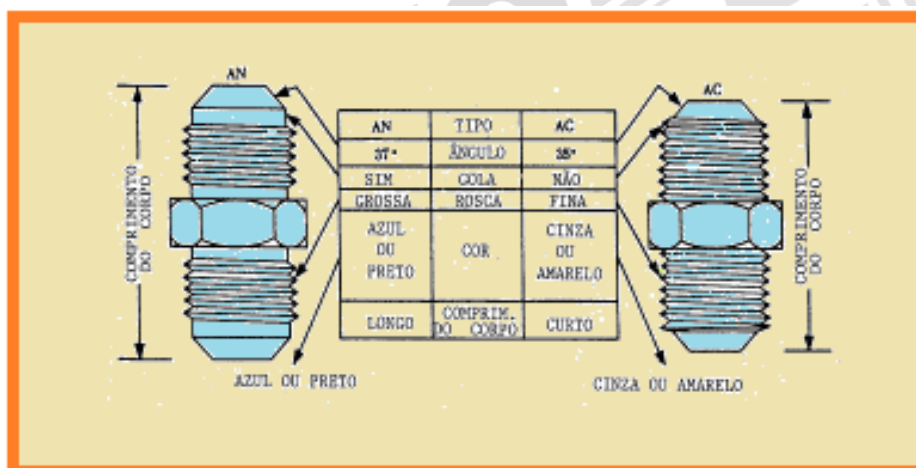
(1) conexões flangeadas; (2) conexões sem flange; (3) friso e braçadeira; (4) estampadas.

A quantidade de pressão que o sistema utiliza é normalmente o fator de decisão na seleção de um conector. O tipo de junta frisada, que necessita de friso, uma seção de tubo flexível (durite) e braçadeiras são usados somente em sistemas de baixa ou média pressão, como os sistemas de vácuo ou refrigeração do motor. Os tipos flangeados, sem flange e estampados, podem ser usados como conectores em todos os sistemas, independente da pressão.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A da FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 5: Conexão em tubo flangeado.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A da FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 6: Diferenças entre conexões AN e AC.

Conexões Flangeadas

Uma conexão flangeada consiste de uma luva e uma porca, como é apresentada na Figura 5. A porca é ajustada sobre a luva e, quando apertada, puxa a luva e o tubo ajustando-os de encontro à conexão formando um selo.

A tubulação usada com este tipo de conexão deverá ser flangeada antes da instalação.

A conexão "macho" tem a superfície em forma de cone, com o mesmo ângulo da parte interna do flange.

A luva apoia o tubo para que a vibração não se concentre na borda do flange e distribua a ação de cisalhamento sobre uma extensa área, para aumentar a resistência. O flangeamento do tubo e a instalação da conexão adequada serão discutidos em detalhes mais adiante, neste capítulo.

As conexões flangeadas do tipo AC (*Air Corps*) vêm sendo substituídas pelas do tipo AN (*Army Navy*) padrão e MS (*Military Standard*). Mas, como as conexões AC são usadas em algumas antigas aeronaves, é conveniente saber identificá-las.

A conexão AN tem uma gola entre o final da rosca e o cone do flange (ver a Figura 6). A conexão AC não possui essa gola.

Outras diferenças entre as conexões AC e AN, incluem o formato da luva, que nas conexões AC são bem mais compridas do que as luvas das conexões AN do mesmo diâmetro.

Embora certas conexões flangeadas sejam intercambiáveis, o passo da rosca é diferente na maioria dos casos.

As Figuras 7(A) e 7(B) apresentam as conexões AN e as AC 811, que podem ser seguramente permutáveis.

As combinações das extremidades das conexões, porcas, luvas e flanges dos tubos, são permitidos para confeccionar um conjunto de conexão completo.

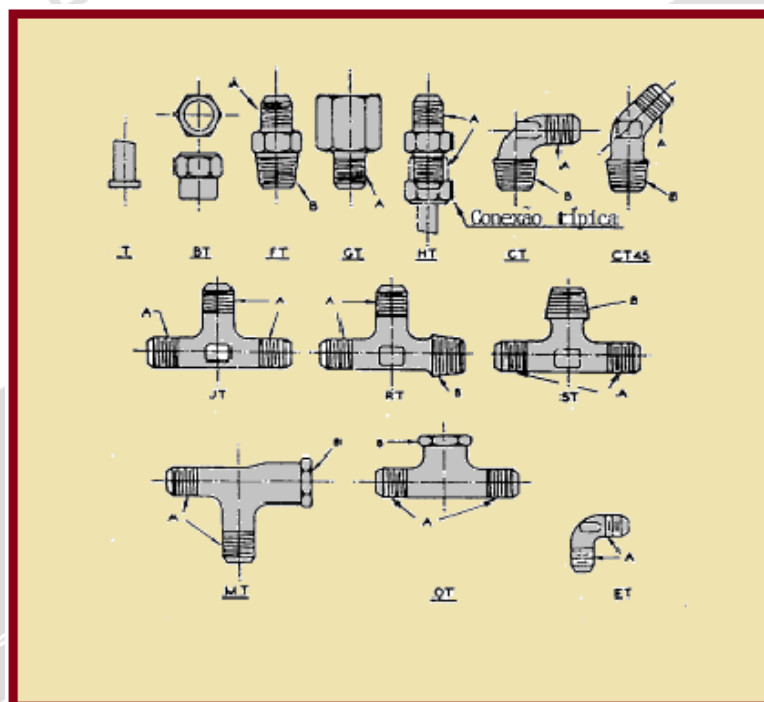
O uso de metais diferentes deve ser evitado, uma vez que os seus contatos causarão corrosão.

Diâmetro esterno do tubo	Tipo de rosca da conexão (Mancho)	Tipo da porca (Femea)	Tipo da luva	Flange do tubo
Todas as medidas ¹	AN ¹	AN ¹	AN ¹	AN ¹
Todas as medidas ²	811 ²	811 ²	811 ²	811 ²
Todas as medidas	AN	AN	AN	811
Todas as medidas	AN	AN	811	811
Todas as medidas	AN	AN	811	AN
Todas as medidas	811	811	811	AN
Todas as medidas	811	811	AN	AN
Todas as medidas	811	811	AN	811
1/8,3/16,1/4,5/16,1-3/4,2	AN	811	AN	AN
1/8,3/16,1/4,5/16,1-3/4,2	AN	811	AN	AN
1/8,3/16,1/4,5/16,1-3/4,2	AN	811	811	AN
1/8,3/16,1/4,5/16,1-3/4,2	AN	811	811	AN

¹ Conjunto normal de conexão AN.
² Conjunto normal de conexão AC 811.

Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 7(A): Intercâmbio de conexões AN e AC 811.

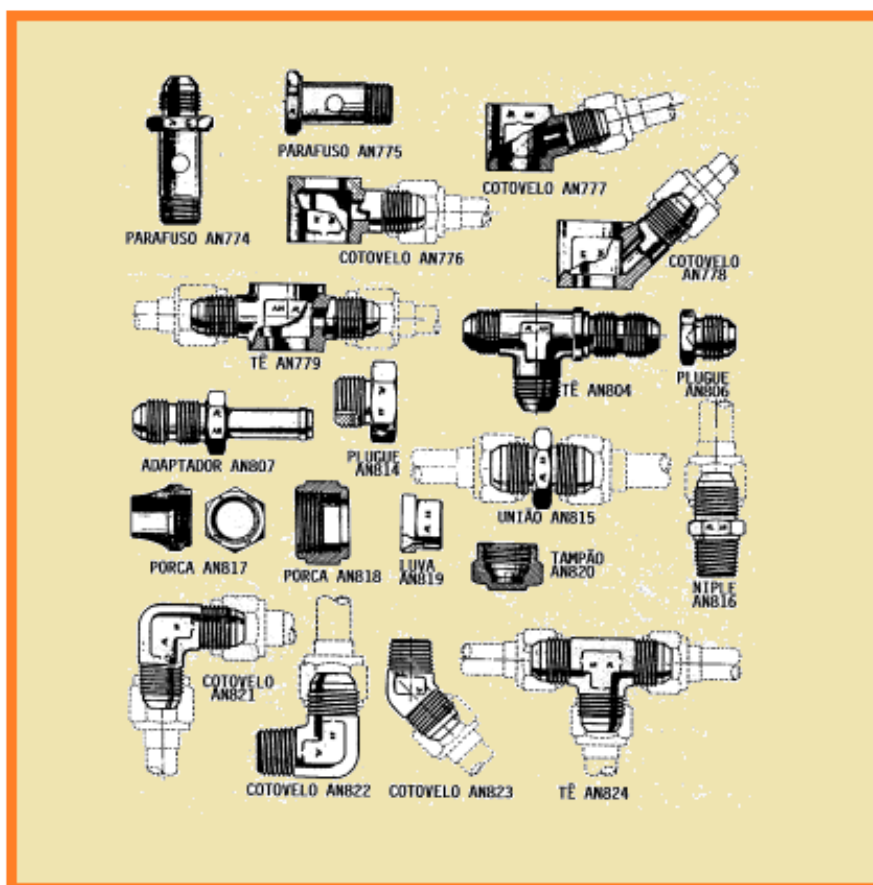


Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 7(B): Conexões sem solda AC 811.

Medidas:

O número após o traço seguindo o número AN indica a medida do tubo (ou mangueira) para a qual a conexão foi feita, em 16 avos da polegada. Esse é a medida do diâmetro externo (O.D.) do tubo e o diâmetro interno (I.D.) da mangueira. Conexões com tubo rosqueado são codificadas por números após o traço, indicando a medida em oitavos da polegada. A letra de código do material, como indicado acima, vem a seguir do traço.



Fonte: BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A da FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

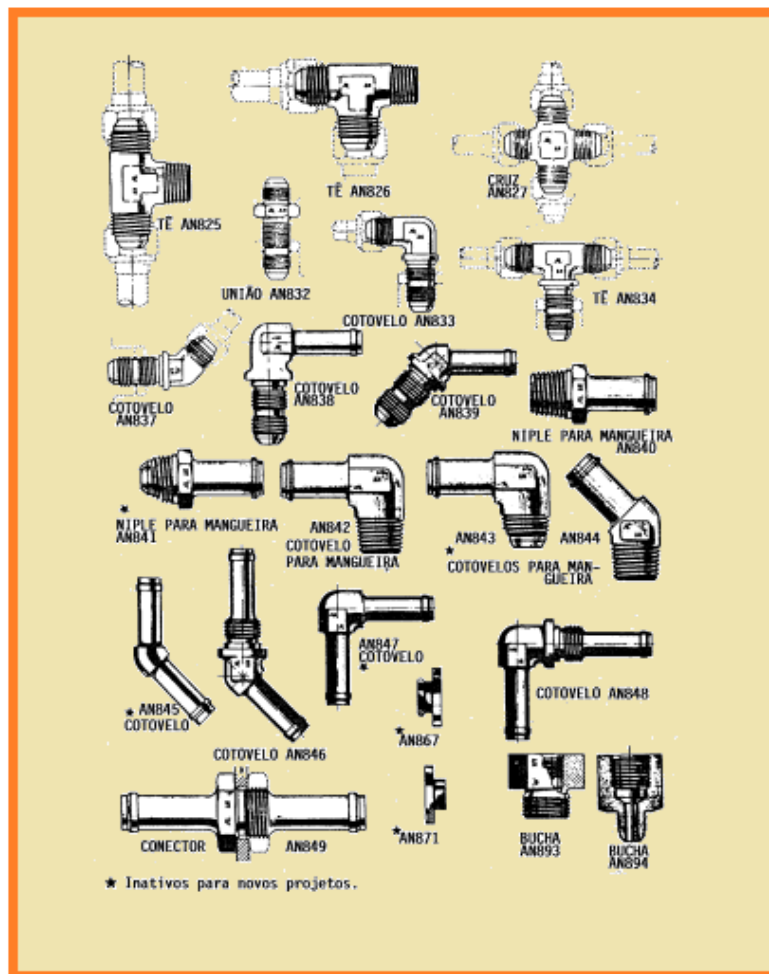
Figura 8(A): Conexões AN.

A conexão padrão AN é a mais comum no uso de tubos flangeados para unir tubulações para as várias conexões nos sistemas das aeronaves. A conexão padrão AN inclui a porca AN 818 e a luva AN 819 (ver Figura 8). A luva AN 819 é usada com a porca de acoplamento AN 818.

Todas estas conexões têm roscas retas, mas com passos diferentes para os vários tipos. As conexões flangeadas são feitas de liga de alumínio, aço ou ligas à base de cobre.

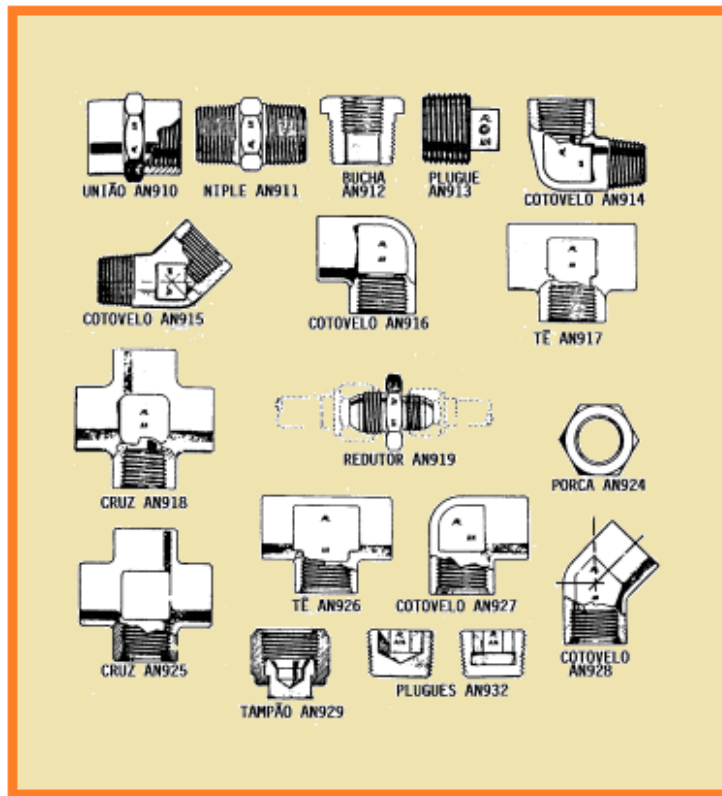
Com a finalidade de identificação, todas as conexões AN de aço são coloridas de preto e todas as conexões AN de liga de alumínio são azuis.

As luvas AN, de alumínio e bronze, são banhadas de cádmio e não são coloridas. A medida dessas conexões é dada em números após um traço, os quais se igualam ao diâmetro externo nominal do tubo (O.D.) em dezesseis avos de uma polegada.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 8(B): Conexões AN



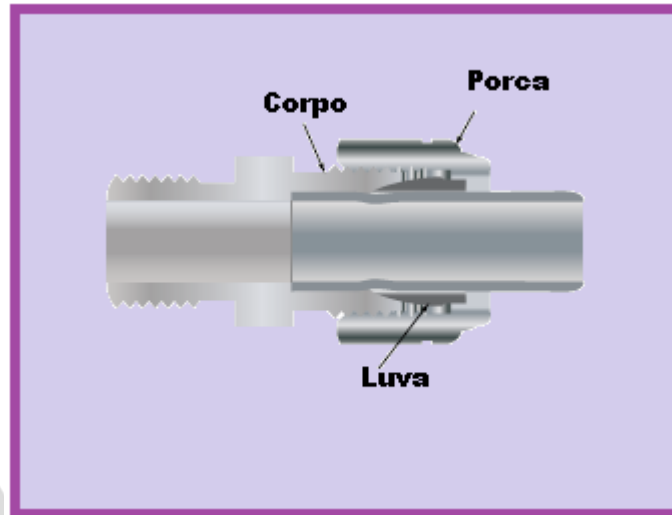
Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.
 Figura 8(C): Conexões AN.

As conexões flangeadas têm dois tipos de extremidade, chamadas de "macho" e "fêmea". A extremidade macho de uma conexão é rosqueada externamente, enquanto que, a extremidade fêmea de uma conexão é internamente.

Conexões sem Flange

As conexões sem flange MS (*Military Standard*) têm obtido ampla aplicação nos sistemas de tubulações de aeronaves. Usando este tipo de conexão, elimina-se todo o flangeamento de tubos e ainda proporciona-se uma conexão de tubo segura, forte e digna de confiança. A conexão consiste de três partes: um corpo, uma luva e uma porca. O corpo tem um ressalto contra o qual a extremidade do tubo apoia-se (ver Figura 9).

O ângulo do ressalto força o bordo cortante da luva a penetrar na parte externa do tubo, quando o conjunto é unido. A instalação das conexões sem flange será discutida em outra parte deste capítulo.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook)*. Edição Revisada 2002.

Figura 9: Conexão para tubo sem flange.

Acoplamento de Desconexão Rápida

Os acoplamentos de desconexão rápida do tipo auto selante são usados em várias pontas de muitos sistemas de fluidos. Os acoplamentos são instalados em locais onde são frequentes os desacoplamentos de linhas, para inspeção e manutenção.

Os acoplamentos de desconexão rápida permitem que uma linha seja desconectada rapidamente, sem que haja perda de fluido ou entrada de ar no sistema.

Cada conjunto de acoplamento consiste de duas metades, mantidas unidas por uma porca de união.

Cada metade contém uma válvula, que é mantida aberta quando o acoplamento está conectado, permitindo que o fluido saia através do acoplamento em qualquer direção. Quando o acoplamento é desconectado, uma mola em cada metade fecha a válvula, evitando a perda do fluido e a entrada de ar.

A porca de união tem uma rosca de avanço rápido que permite o acoplamento e o desacoplamento do conjunto pelo giro da porca. A quantidade de vezes que a porca tem que girar varia com os diferentes estilos de acoplamentos. Um estilo requer um quarto de volta da porca de união para travar ou destravar o acoplamento, enquanto o outro estilo requer uma volta completa.

Alguns acoplamentos requerem uma chave para o aperto final, outros são conectados e desconectados apenas com a mão.

O tipo de alguns acoplamentos é tal, que eles devem ser frenados com arame, outros não necessitam frenagem, porque uma trava positiva é assegurada por um dente da mola de travamento, que engraza em um entalhe na porca de união quando o acoplamento estiver totalmente engrazado.

A mola de trava automaticamente desengraza quando a porca de união é desapertada. Devido a diferenças individuais, todos os acoplamentos de desconexão rápida deverão ser instalados de acordo com as instruções do manual de manutenção da aeronave.

Conectores Flexíveis

Os conectores flexíveis podem ser equipados, tanto com terminais estampados como destacáveis ou eles podem ainda ser usados com tubos frisados e braçadeiras. Aqueles equipados com terminais estampados são requisitados pelo comprimento correto ao fabricante e normalmente não podem ser montados pelo mecânico. Eles são estampados e testados na fábrica e equipados com terminais padronizados.

Os terminais dos conectores destacáveis podem ser separados e reaproveitados enquanto não estiverem danificados. Quando estiverem, novos terminais deverão ser usados.

O conector formado por tubos frisados durites e braçadeiras é muitas vezes usado para conectar tubulações de óleo, refrigerante e sistemas de combustível de baixa pressão.

O friso, uma pequena elevação ao redor do tubo ou da conexão, dá uma boa retenção na borda do tubo que auxilia a manter a durite e a braçadeira em seus lugares.

O friso pode estar próximo ao final de um tubo de metal ou na extremidade de um terminal.

Processos de Formação de Tubulações

Tubulações danificadas e linhas de fluido devem ser substituídas por novas sempre que possível. Algumas vezes a substituição é impraticável, sendo necessário um reparo. Arranhões, desgastes e pequena corrosão na parte externa de linhas, podem ser considerados desprezíveis e podem ser removidos com uma poltriz ou esponja de alumínio.

As limitações de quantidade da parte danificada que podem ser reparadas desta maneira serão discutidas mais adiante neste capítulo, sob o título "Reparos de linhas de tubos metálicos".

Se um conjunto de linhas de fluido tiver que ser substituído, os terminais podem muitas vezes ser aproveitados. Então, o reparo envolverá somente a formação dos tubos e a substituição.

A formação de tubos consiste de quatro processos: (1) corte; (2) dobragem; (3) flangeamento e (4) confecção de frisos. Se uma tubulação for pequena e de um material mole, o conjunto pode ser formado com a mão, dobrando durante a instalação. Se a tubulação tiver 1/4 de polegada de diâmetro ou mais, o dobramento com a mão, sem o auxílio de ferramentas é impraticável.

Corte de Tubos

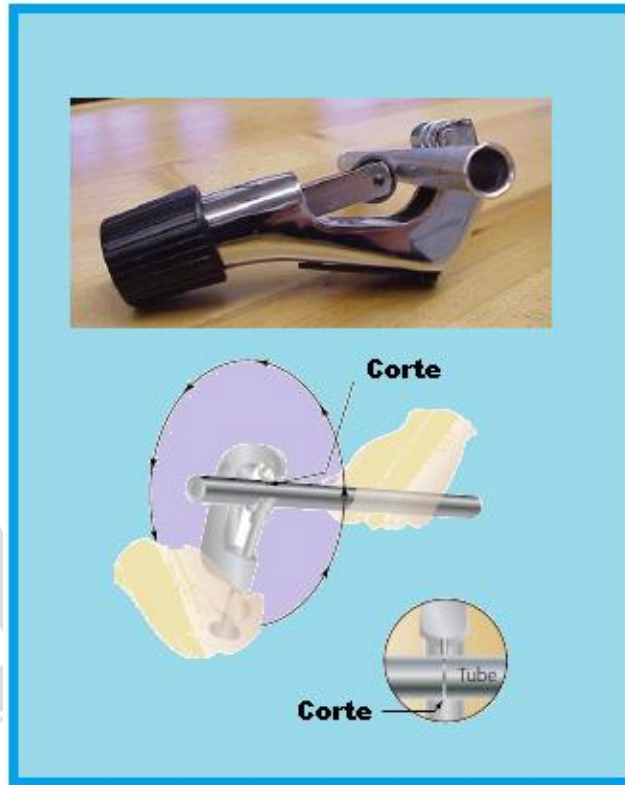
Quando as tubulações estão sendo cortadas, é importante produzir uma extremidade em esquadro e livre de rebarbas.

As tubulações podem ser cortadas com o cortador de tubos ou um arco de serra. O cortador pode ser usado com qualquer tubo de metal macio, tal como o cobre, alumínio ou liga de alumínio.

O uso correto do cortador de tubo é mostrado na Figura 10.

Uma peça de tubulação deverá ser cortada, aproximadamente dez por cento a mais do tubo a ser substituído, para evitar uma variação a menos durante as dobras.

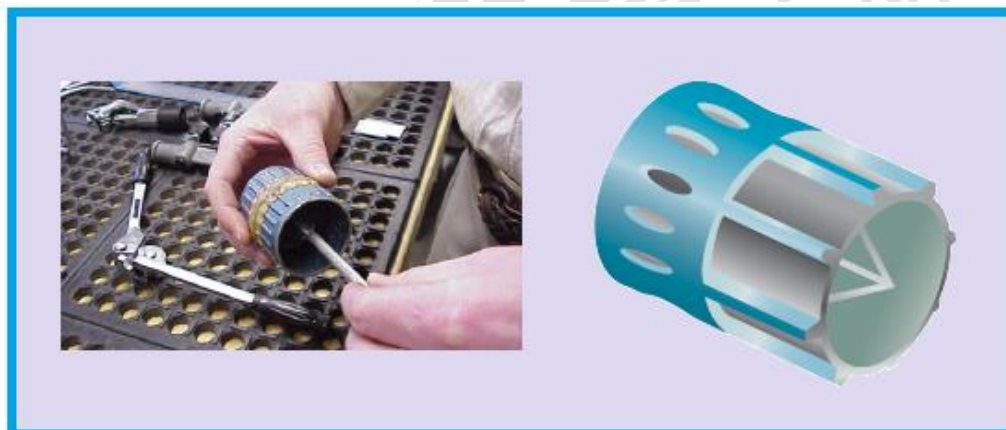
Gire o cortador em torno da tubulação, aplicando uma leve pressão na roda cortante, pelo intermitente giro do parafuso de regulagem.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 10: Cortando um tubo.

Uma pressão exagerada na roda cortante de uma só vez deformará o tubo ou causará excessivas rebarbas. Após o corte do tubo, remova cuidadosamente todas as rebarbas das partes interna e externa. Use uma faca ou o removedor de rebarbas, fixado ao cortador de tubos.



Fonte: Foto e desenho do autor.

Figura 10(A): Removedor de rebarbas.

Quando executando a operação de remover as rebarbas, use de extremo cuidado para que a espessura do final do tubo não seja reduzida ou fraturada. Pequenos danos deste tipo poderão ocasionar flanges fraturados ou defeituosos, que não vedarão perfeitamente.

Uma lima de dentes finos pode ser usada para deixar a extremidade do tubo em esquadro e perfeitamente lisa. Se não houver um cortador de tubo disponível ou se a tubulação for de material duro, ela pode ser cortada usando-se uma serra de dentes finos, de preferência que tenha 32 dentes por polegada.

O uso de uma serra diminuirá a quantidade de trabalho de endurecimento do tubo durante a operação de corte. Após o corte, lime a extremidade do tubo em esquadro e remova todas as rebarbas.

Um meio fácil de prender um tubo de pequeno diâmetro, quando for cortado, é colocando o tubo em uma combinação de ferramenta de flangear e prendendo a ferramenta em uma morsa.

Faça o corte à aproximadamente meia polegada da ferramenta de flangear. Este procedimento mantém as vibrações reduzidas a um mínimo e evita danos ao tubo, se ele acidentalmente golpear o arco de serra ou o cabo da lima durante o corte. Assegure-se de que todas as limalhas foram removidas do tubo.

Dobragem do Tubo

O objetivo da dobragem de um tubo é obter uma curva suave, sem achatamento do tubo. Uma tubulação com um diâmetro inferior a um quarto de polegada, normalmente pode ser dobrada sem o uso de ferramentas.

Para tamanhos maiores, um dobrador de tubo manual, semelhante ao mostrado na Figura 11, é o normalmente usado.

Para dobrar uma tubulação com um dobrador manual de tubos, introduza o tubo pelo levantamento do cabo da barra corredeira, tanto quanto possível. Comanda-se a trava sobre o tubo e ajusta-se o cabo, para que o total comprimento da luva na barra corredeira esteja em contato com a tubulação.

O zero marcado no bloco radial e a marca na barra corredeira deverão estar alinhados. A curvatura do tubo deve ser feita girando o cabo da barra até que o desejado ângulo de curvatura seja obtido, como indicado no bloco radial.

Dobramos o tubo cuidadosamente, para evitar achatamento, pregas ou enrugamento.

Um pequeno achatamento em uma curvatura é aceitável, mas o menor diâmetro de uma porção achatada, não pode ser menor do que 75 por cento do diâmetro externo original. Tubulações com curvas achatadas, pregueadas ou irregulares não deverão ser instaladas. Curvas enrugadas, normalmente resultam de uma dobradura forçada, em um tubo de parede fina, sem utilizar a ferramenta adequada. Exemplos de curvaturas corretas e incorretas são mostrados na Figura 12.

As máquinas dobradoras de tubos, para todos os tipos de tubulações, são geralmente usadas em oficinas de reparos e em grandes parques de manutenção.

Curvaturas adequadas podem ser feitas em tubulações de grandes diâmetros e em tubos feitos de materiais mais duros.

A dobradora de tubos por produção é um exemplo desse tipo de máquina. A dobradora de tubos por produção mais comum pode acomodar tubulações com o diâmetro externo de 1/2 polegada a 1 1/2 de polegada. Existem dobradoras para medidas maiores e o princípio de operação é semelhante ao da dobradora de tubos manual. Os blocos radiais são construídos de modo que o raio da curva varie com o diâmetro do tubo. O raio da curva é normalmente estampado no bloco.

Quando uma dobradora de tubos manual ou uma dobradora de tubos por produção não estiverem disponíveis para uma particular operação de dobragem, um material de enchimento de composição metálica ou areia seca pode ser usado para facilitar a dobragem. Quando usando este método, cortamos o tubo ligeiramente maior do que o necessário. A medida a mais é para fazer uma vedação (pode ser com um pedaço de madeira), em cada extremidade.

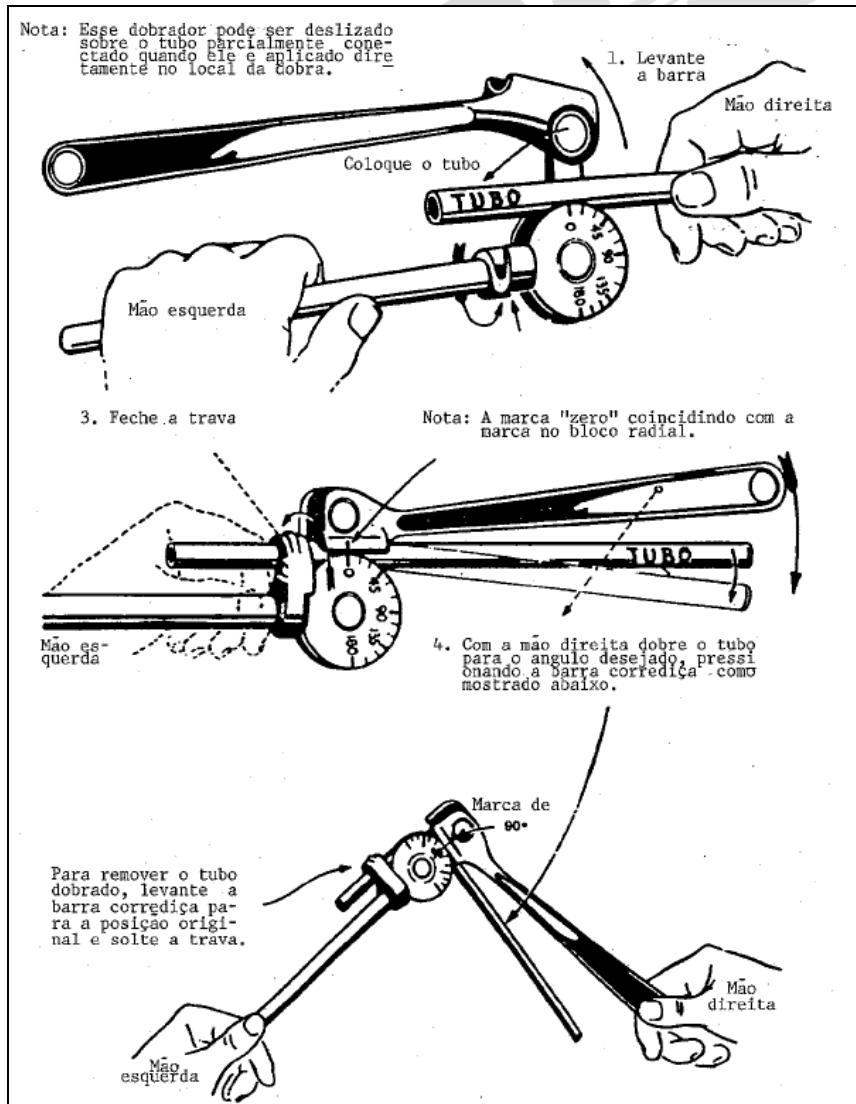
Após vedarmos uma extremidade, enchemos o tubo com areia fina e seca e vedamos a outra ponta. Ambos os plugues devem estar firmes para que não sejam expelidos quando o tubo for dobrado. O tubo pode também ser vedado amassando as pontas, ou soldando discos de metal nas extremidades. Após o tubo cheio e as extremidades fechadas, dobramos o tubo sobre um bloco com o formato do raio desejado.

Em outra versão do processo de enchimento, uma liga fusível é usada no lugar da areia. Neste método, o tubo é cheio, sob água quente, com uma liga fusível que derrete a 70° C (160° F). Após o enchimento do tubo com a liga, ele é retirado da água e após esfriar, é dobrado lentamente com a mão em torno de um bloco-fôrma ou com a ferramenta dobradora de tubos.

Após a curva ser feita, a liga é novamente derretida sob a água quente e removida do tubo.

Quando usando qualquer um dos métodos de enchimento, nos certificamos de que todas as partículas do enchedor foram removidas, para que nenhuma delas seja transportada para o sistema no qual o tubo será instalado.

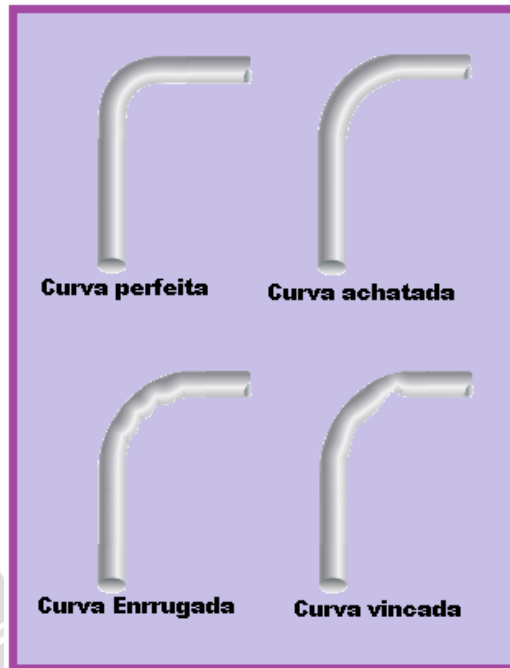
Guarda-se a liga fusível de enchimento quando estiver livre de pó ou detritos. Ela poderá ser derretida e reaproveitada tantas vezes quantas sejam desejadas.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 11: Dobragem de tubos.

Nunca devemos aquecer esta liga porque a liga poderá grudar-se no interior do tubo.



Fonte: BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook)*. Edição Revisada 2002.

Figura 12: Curvas de tubos corretas e incorretas.

Flangeamento de Tubos

Duas espécies de flanges são geralmente usadas nos sistemas de tubulações de aeronaves, o simples e o duplo flange. Os flanges são frequentemente expostos a pressões extremamente altas, portanto o flange na tubulação deve ser corretamente formado ou a conexão vazará ou apresentará falhas.

Um flange muito curto produzirá uma junta deficiente, a qual poderá vazar ou desligar-se. Se for muito longo ele irá interferir com a devida ligação da rosca da conexão e causará vazamento. Um flange torto ou inclinado é o resultado de um tubo que não foi cortado no esquadro. Se um flange não for feito corretamente, as imperfeições não podem ser corrigidas pela aplicação de um torque adicional ao aperto da conexão. O flange e a tubulação devem estar livres de rachaduras, mossas, cortes, arranhões ou quaisquer outros defeitos.

A ferramenta de flangear usada nas tubulações de aeronaves possui matrizes macho e fêmea, para produzir flanges de 35° a 37°. Sob nenhuma circunstância é permitido o uso de uma ferramenta de flangear do tipo automotiva, a qual produz um flange de 45°.



Fonte: Fotos do autor.

Figura 13: Ferramenta manual de flangear (flange simples).

Flange Simples

Uma ferramenta manual de flangear, semelhante a que foi mostrada na Figura 13 é usada para flangear tubulações.

A ferramenta consiste em um bloco flangeador ou matriz de aperto, uma forquilha e um pino flangeador. O bloco é formado por duas barras unidas, como dobradiça, contendo orifícios para vários tamanhos de tubulações. Esses orifícios são escareados (alargados) em uma das extremidades, formando o suporte externo, contra o qual o flange é formado. A forquilha é usada para centralizar o pino flangeador sobre a extremidade do tubo, que será flangeado e unir as duas barras fixando a tubulação.

A preparação de um tubo para flangear consiste em cortar o tubo em esquadro, remover as rebarbas, instalar a porca de fixação e a luva e em seguida colocar o tubo na ferramenta de flangear, usando o orifício adequado ao diâmetro do tubo.

O plugue ou o pino de flangear é centralizado na abertura do tubo. Empurramos o tubo para que a extremidade se projete acima da superfície das duas barras, na espessura aproximada de uma moeda e apertamos o parafuso de fixação da forquilha, a fim de evitar que o tubo deslize.

O flange é feito aplicando várias batidas no plugue ou pino, usando um martelo ou um macete de pouco peso. Gira-se o plugue um quarto de volta após cada batida. É preciso assegurar seu assentamento correto no flange, antes de remover o tubo da ferramenta de flangear. Há um teste do flange, colocando a luva na posição de encontro a ele.

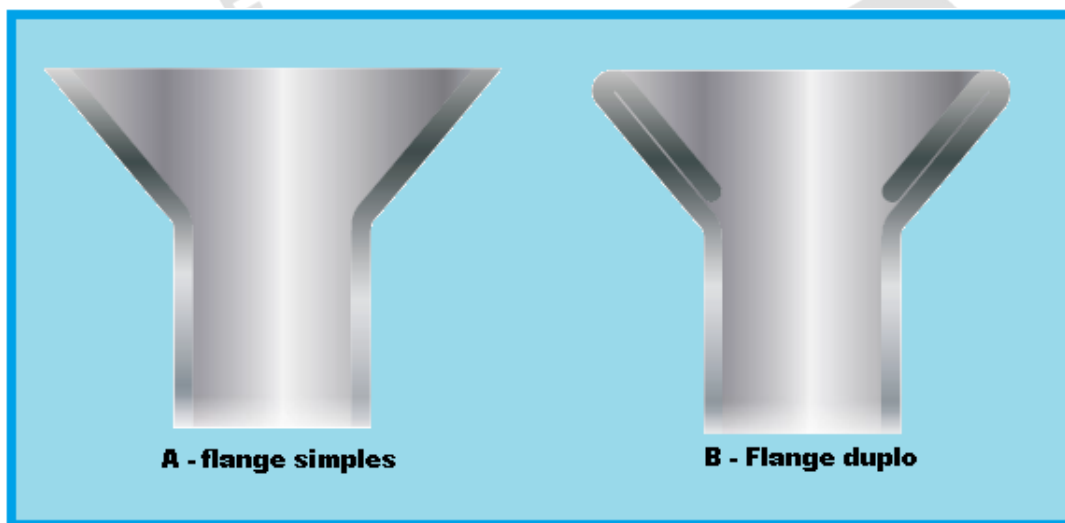
O diâmetro externo do flange deverá estender-se aproximadamente a um dezesseis de polegada além da luva, mas não poderá ultrapassar em largura ao maior diâmetro externo da luva.

Flange Duplo

O flange duplo deverá ser usado nas tubulações de liga de alumínio 5052-0 e 6061-T, para todos os tamanhos de 1/8 a 3/8 de polegada de diâmetro externo. Isto é necessário para evitar o corte do flange e a falha do conjunto do tubo sob as pressões de operação.

O duplo flange não é necessário em tubulações de aço. Veja na Figura 14, a ilustração de um tubo com flange simples e outro com flange duplo. O flange duplo é mais liso e mais concêntrico do que o simples e, portanto, veda melhor. Ele é também mais resistente ao cisalhamento causado pelo torque.

Para fazer o flange duplo, separamos os blocos da ferramenta de duplo flange, introduzimos o tubo e apertamos a braçadeira, prendendo o tubo com o final, faceando a parte superior da braçadeira.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 14: Vista em corte de flange simples e duplo.

Introduzimos o pino de partida dentro do pino guia de flangeamento e batemos com um martelo, até que o ressalto do pino encoste-se aos blocos da braçadeira. O pino de partida é removido e o pino de acabamento encaixado. Martelamos o pino até que o seu ressalto encoste-se ao bloco da braçadeira.

Frisamento

As tubulações podem ser frisadas com uma ferramenta frisadora manual, com máquina frisadora de rolos ou com "grip-dies". O método a ser usado depende do diâmetro e da espessura do tubo e do material de que ele é feito.

A ferramenta frisadora manual é usada com tubulações que têm de 1/4 a 1 polegada de diâmetro externo. O friso é formado usando a forma de frisar o rolo apropriado fixado. A parte interna e a externa do tubo devem ser lubrificadas com óleo fino para reduzir a fricção entre os rolos durante o friso. Os tamanhos marcados em dezesseis avos de uma polegada nos rolos são para os diâmetros externos dos tubos que podem ser frisados com os rolos.

Os rolos são fornecidos separados para cada medida interna de tubo e muito cuidado deve ser tomado com o uso correto das partes quando fazendo o friso. A ferramenta manual de frisar trabalha de modo semelhante ao da cortadora de tubo, em que o rolo é aparafusado intermitentemente, enquanto a ferramenta de frisar vai sendo girada ao redor do tubo. Além disso, uma pequena morsa (para manter o tubo) é fornecida com o conjunto.



Fonte: Fotos do autor.

Figura 14(A): Frisamento em tubos.

Exemplos do uso do friso são mostrados na figura 14(A).

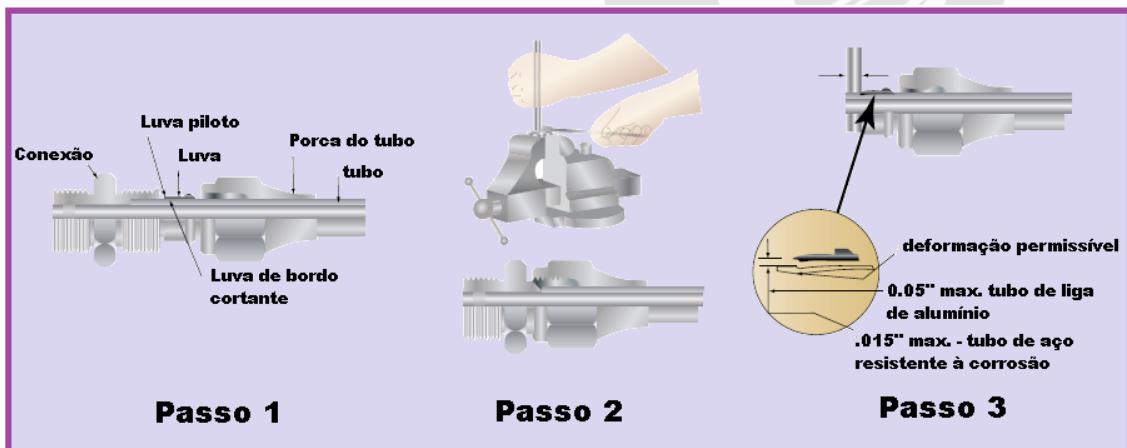
Outros métodos e tipos de ferramentas de frisar e máquinas são encontrados, mas a ferramenta frisadora manual é utilizada com muito mais frequência. Como se fosse uma

regra, as máquinas de frisar tem o seu uso limitado com tubulações de grandes diâmetros, acima de 1 15/16 de polegada, a menos que sejam fornecidos rolos especiais. O método "grip-die" de frisamento é relativo apenas aos pequenos tubos.

Conjunto de Tubo sem Flange

Embora o uso de tubos sem flange em algumas conexões, elimine todos os flangeamentos de tubos, outra operação chamada pré-colocação é necessária antes da colocação de uma nova conexão de tubo sem flange. A Figura 15 (itens 1, 2 e 3), ilustra a operação de pré-colocação, a qual consiste do seguinte:

- a - Cortar o tubo no comprimento correto e com as extremidades perfeitamente em esquadro. Remover as rebarbas da parte interna e da externa do tubo. Colocar a porca e a luva sobre o tubo (item 1);
- b - Lubrificar os fios de rosca da conexão e da porca com fluido hidráulico. Colocar a conexão em uma morsa (item 2), e manter a tubulação assentada firmemente e em esquadro na conexão. O tubo deve apoiar-se firmemente na conexão. Apertar a porca até que a aresta cortante da luva prenda o tubo.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figura 15: Pré-montagem de um conjunto de tubo sem flange.

Este ponto é determinado por uma leve girada do tubo para trás e para adiante enquanto a porca estiver sendo apertada. Quando o tubo não mais girar, a porca está pronta para o aperto final;

c - O aperto final depende da tubulação. Para a liga de alumínio acima e incluindo 1/2 polegada de diâmetro externo, apertar a porca em giros de 1/6 de volta (uma face) de cada vez. Para as tubulações de aço e de liga de alumínio superiores a 1/2 polegada de diâmetro externo, apertar a porca em giros de 1/6 de volta a 1/2 de volta, de cada vez.

Após a pré-colocação da luva, desconectamos a tubulação da conexão e checamos os seguintes pontos, ilustrados no item 3:

a - O tubo deverá estender-se de 3/32 a 1/8 de polegada, além da luva piloto. De outro modo o tubo poderá escapar;

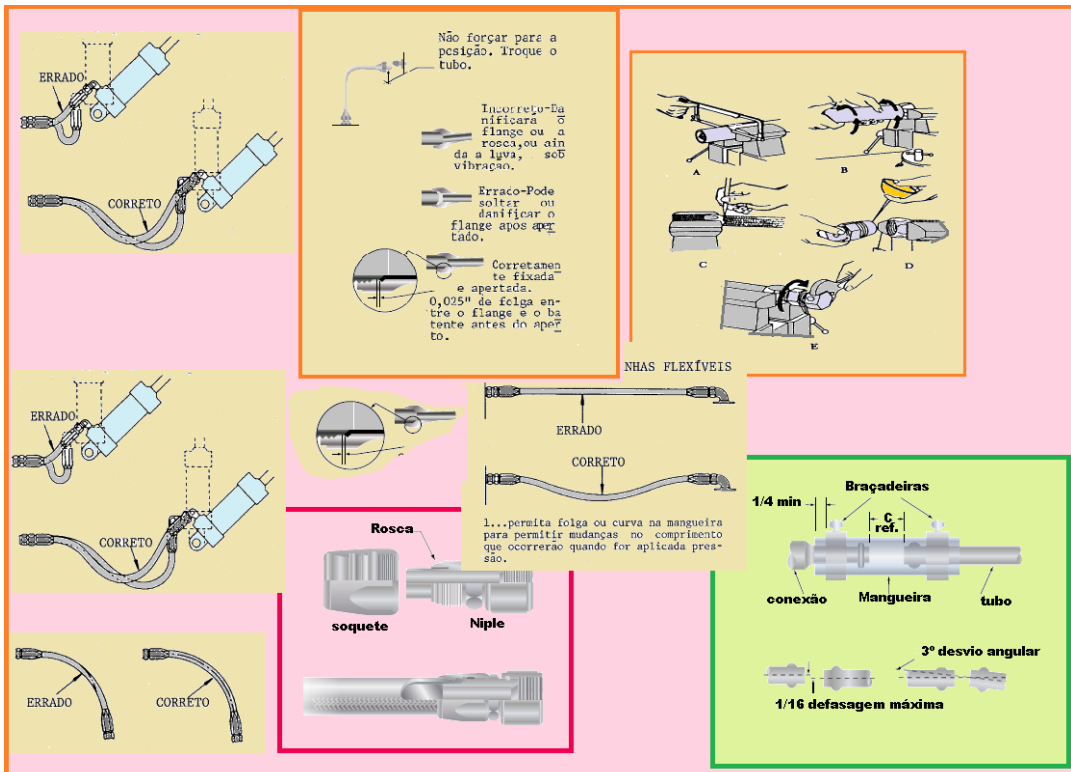
b - A luva piloto deverá estar em contato com o tubo, ou ter uma folga máxima de 0.005 de polegada nos tubos de liga de alumínio ou 0.015 de polegada para os tubos de aço;

c - Uma pequena deformação causada pela luva piloto é admissível. Nenhum movimento da luva piloto é aceitável, exceto o de rotação.



Referência Bibliográfica

BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

MÓDULO II

REPAROS E LINHAS

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Nos itens anteriores, nosso olhar esteve pousado sobre os tipos de conexões e tubulações. Agora passamos a estudar as formas de reparos suas linhas e formatos, avaliando desgaste e possíveis rupturas.

É necessário muita atenção e senso de observação, a fim de identificar falhas e aumentar sua segurança e das pessoas por quem você se torna responsável.

Bom aprendizado!

2.1 REPAROS NAS LINHAS COM TUBOS DE METAL

Arranhões ou cortes, com menos de 10 por cento da espessura da parede dos tubos de liga de alumínio, podem ser reparados se eles não estiverem na curva de uma dobradura.

As tubulações são substituídas com marcas profundas, rugas ou cortes. Qualquer rachadura ou deformação no flange também é inaceitável, além de ser uma causa para rejeição. Uma moosa menor do que 20 por cento do diâmetro do tubo, não causa problema, a não ser que esteja na curva de uma dobradura. Mossas podem ser removidas, puxando-se uma peça com a medida do tubo e através dele, por meio de um cabo.

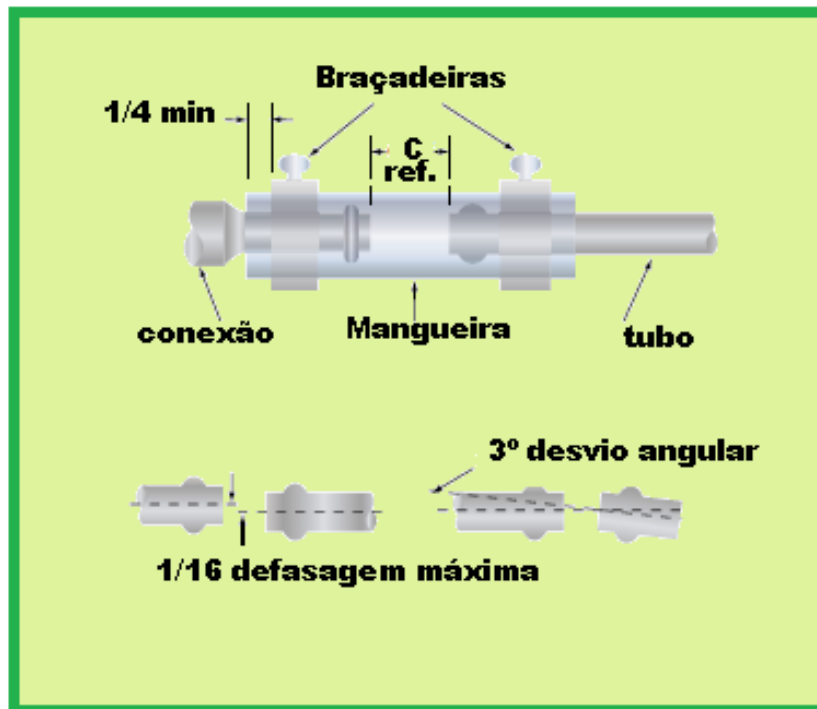
Uma linha severamente danificada deverá ser substituída. Contudo, a linha pode ser reparada, cortando-se a seção danificada e inserindo-se uma seção de tubo do mesmo tamanho e mesmo material. Flanges nas extremidades das seções de tubo são feitos em perfeitas condições e preparamos as conexões, usamos uniões padronizadas, luvas e porcas de tubos. Se a porção danificada for curta demais, descartamos o tubo e fazemos o reparo, usando uma união e dois conjuntos de conexões.

Quando reparando linhas danificadas, seja cuidadoso ao remover todas as rebarbas e limalhas. Qualquer linha aberta que for permanecer por algum tempo sem utilização, deverá ser selada com plugues de metal, madeira, borracha ou plástico ou então, com tampões.

Quando reparando tubulações de baixa pressão, usando um conjunto de conexão flexível, deixamos posicionadas cuidadosamente as braçadeiras para evitar que escapem das durites ou provoquem desgaste com os parafusos de aperto nas partes adjacentes. Se houver a possibilidade de desgaste, as braçadeiras devem ser mudadas de posição na durite. A Figura 16 ilustra uma conexão flexível e fornece as admissíveis variações angulares e dimensionais.

Formato das Linhas

Remove-se a linha do conjunto que estiver danificada ou desgastada, tomando o cuidado de não aumentar o defeito ou torcer a tubulação, para poder usá-la como modelo na fabricação da nova peça.



Fonte: BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook)*. Edição Revisada 2002.

Figura 16: Conexão de tubos flexíveis.

Se o total comprimento da tubulação não puder ser aproveitado como um gabarito, preparamos um modelo de arame, dobrando-o com a mão como necessário para o novo conjunto. Dobramos então a tubulação, seguindo o modelo de arame.

Nunca se escolhe um formato que não tem curvas nas tubulações. Um tubo não pode ser cortado ou flangeado corretamente, para que possa ser instalado sem dobras e livre de esforços mecânicos. As dobras são também necessárias para permitir a expansão ou contração da tubulação, quando exposta a variações de temperatura e para absorver vibração. Se o tubo for muito fino (abaixo de $1/4$ de polegada de diâmetro externo), e puder ser formado com as mãos, curvas ocasionais podem ser feitas para permitir isto. Se o tubo pode ser formado à máquina, curvas exatas devem ser feitas para permitir um conjunto perfeito.

Começamos todas as curvas a uma razoável distância das conexões, porque as luvas e porcas necessitam ser afastadas durante a fabricação dos flanges e durante as inspeções.

Em todos os casos, um novo conjunto de tubos deve ser formado antes da instalação para que não seja necessário puxar ou torcer o conjunto para conseguir o alinhamento por meio de esforço nas porcas de conexão.

2.2 FABRICAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE TUBOS FLEXÍVEIS

Mangueiras ou conjunto de tubos flexíveis deverão ser checados a cada período de inspeção. Vazamento, separação da camada externa ou da malha da camada interna do tubo, rachaduras, endurecimento, perda da flexibilidade, excessivas e profundas marcas deixadas pela braçadeira ou pelos suportes são sinais de deterioração e razões para a substituição.

Quando ocorrem falhas nas tubulações flexíveis (mangueiras), equipadas com terminais estampados, o conjunto todo deverá ser substituído.

O melhor é obter um conjunto novo, de comprimento e diâmetro corretos e com terminais instalados na fábrica.

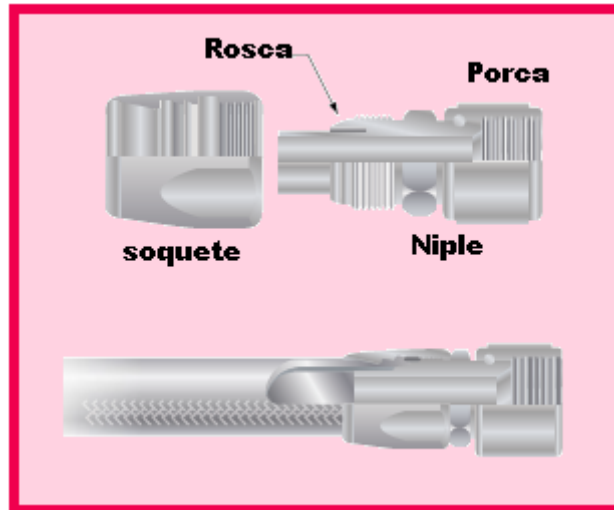
Quando ocorrem falhas em mangueiras equipadas com terminais reaproveitados, uma linha para substituição pode ser fabricada com o uso daquele ferramental, que pode ser necessário para cumprir as instruções de montagem feitas pelo fabricante.

Montagem de Terminais Tipo Luva

Os terminais do tipo luva para tubulações flexíveis são removíveis, sendo reaproveitados se forem considerados em boas condições de serviço. O diâmetro interno do terminal é igual ao diâmetro interno da mangueira na qual será instalada. Terminais comuns do tipo luva são mostrados na Figura 17.

Para montarmos um conjunto de mangueira, selecionamos o tamanho adequado da tubulação flexível e do terminal. Não devemos deixar de cortar a mangueira no comprimento correto, usando um arco de serra, equipado com uma lâmina de serra de dentes finos.

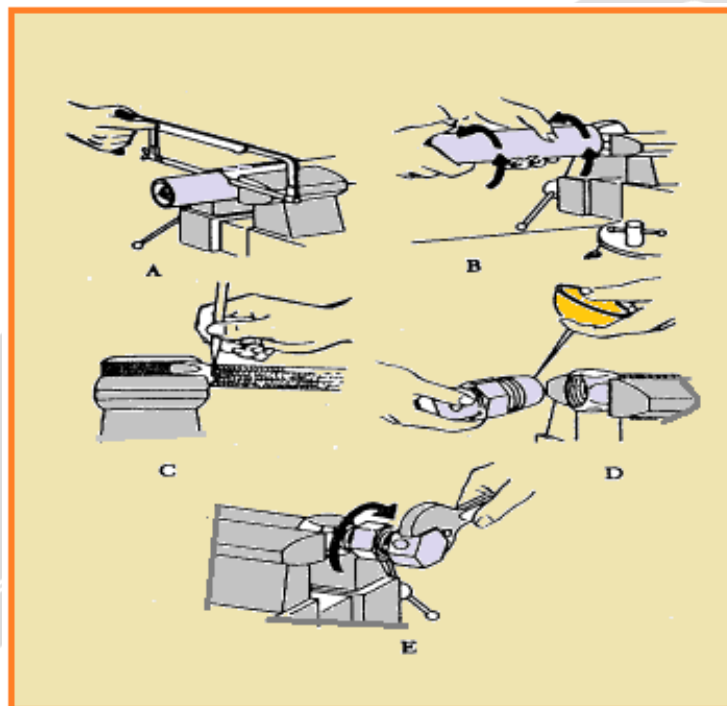
A seguir, prende-se a soquete em uma morsa e a atarraxamos à mangueira no sentido contrário aos ponteiros do relógio, até que a extremidade da mangueira atinja o ressalto batente da soquete (Figura 18) então, voltamos um quarto de volta.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 17: Conexão tipo luva.

Iniciamos a lubrificação da rosca interna da soquete e a externa do bocal (*niple*) com bastante óleo. A posição da mangueira é marcada em torno da parte traseira da soquete, com um lápis de cera ou uma linha pintada.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 18: Conjunto de conexão MS para tubos flexíveis.

Introduzimos o bocal na porca e apertamos o conjunto (porca e bocal) na ferramenta de montagem. Se uma ferramenta de montagem não estiver disponível, um adaptador conjugado AN 815 pode ser usado.

Utilizando uma chave na ferramenta de montagem, o bocal é atarraxado dentro da soquete e da mangueira.

Um espaço de 1/32 a 1/16 de polegada entre a porca e a soquete é necessário para permitir que a porca gire livremente quando a ferramenta de montagem for removida.

Após a montagem, certifique-se de que todo corpo estranho foi removido da parte interna da mangueira, após um jato de ar comprimido.

Teste Após a Montagem

Todas as tubulações flexíveis devem ser testadas após a montagem, bloqueando uma das extremidades da mangueira e aplicando pressão no seu interior. O teste pode ser feito com um líquido ou um gás.

Por exemplo, linhas de sistema hidráulico, combustível e óleo são geralmente testados usando fluido hidráulico ou água, ao passo que as linhas de ar ou de instrumentos são testadas a seco, livres de óleo ou nitrogênio.

Quando o teste é realizado com líquido, todo o ar aprisionado deve ser liberado do conjunto, antes do aperto final dos plugues ou tampas.

Os testes das mangueiras, usando-se gás, são executados sob a água. Em todos os casos devem ser seguidas as instruções do fabricante das mangueiras, para os testes de pressão e líquido a serem usados quando testando um conjunto específico de mangueiras.

Ao colocarmos o conjunto de mangueiras em uma posição horizontal, observamos se há vazamento no instante em que o teste de pressão é realizado. Este deverá ser mantido por 30 segundos, no mínimo.

Instalação de Conjuntos de Tubos Flexíveis

Os tubos flexíveis não devem estar torcidos na instalação porque isto o reduz consideravelmente e pode também, concorrer com o afrouxamento das conexões. A torção do tubo flexível pode ser reconhecida pela posição da linha de identificação existente ao

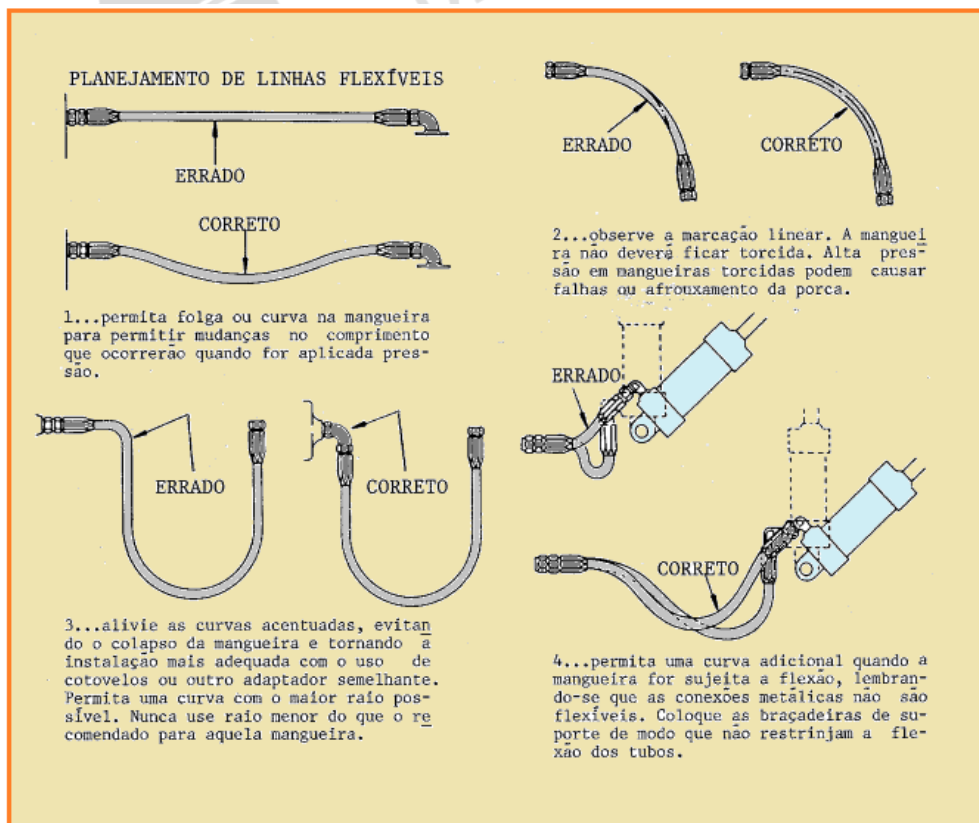
longo do seu comprimento. Essa linha não deve formar uma espiral ao longo da mangueira.

As tubulações flexíveis devem ser protegidas contra o desgaste por meio de um invólucro de material protetor, mas somente onde recomendável. O raio mínimo de curva para tubulações flexíveis varia de acordo com as medidas e construção do tubo, bem como a pressão sob a qual deve operar.

Curvas que são muito agudas reduzirão consideravelmente a pressão de ruptura das tubulações flexíveis abaixo do valor previsto (Figura 19).

As tubulações flexíveis deverão ser instaladas de tal maneira, que sofram um mínimo de flexão durante a operação. Ainda que as mangueiras tenham que ser fixadas pelo menos a cada 24 polegadas, o recomendável são suportes de fixação mais próximos.

Uma mangueira nunca deve estar esticada entre duas conexões, de 5 a 8 por cento do seu total comprimento, deve ser permitido ter liberdade de movimento, quando sob pressão.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.

Figura 19: Instalação de tubos flexíveis.

Quando uma mangueira se encontra sob pressão ela se contrai no comprimento e dilata-se no diâmetro. Todas as tubulações flexíveis devem estar protegidas da excessiva temperatura tanto pela localização das linhas, como pela instalação protetora ao seu redor.

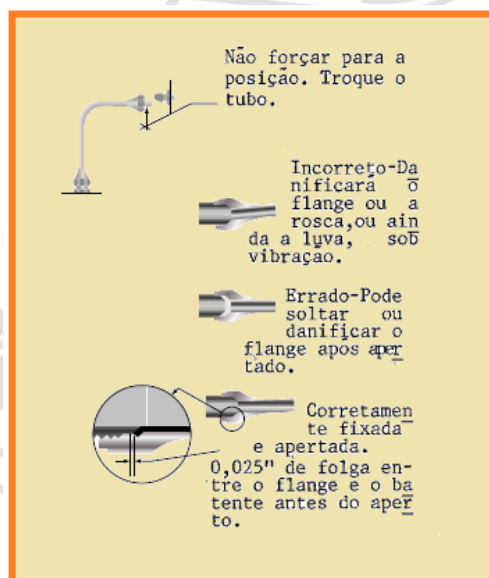
2.3 INSTALAÇÃO DE TUBULAÇÕES RÍGIDAS

Antes da instalação de um conjunto de linhas em uma aeronave, se inspecionam cuidadosamente todas as tubulações. Removem-se as mossas e arranhões para assegurarmos de que todas as porcas e luvas estão unidas e seguramente fixadas pelo flange da tubulação. O conjunto de linhas deverá estar limpo e livre de matérias estranhas.

Conexão e Torque

Selantes ou outros compostos nunca são aplicados nas faces de uma conexão ou flange, pois destruiriam o contato de metal com metal, entre a conexão e o flange, o qual é necessário para produzir a vedação. O conjunto de linhas deve estar adequadamente alinhado, antes que o aperto nas conexões seja dado.

A instalação de uma tubulação não deve ser forçada para o seu lugar com o torque na porca. Os métodos corretos e incorretos de instalação de conjuntos de tubos flangeados estão ilustrados na Figura 20.



Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figura 20: Métodos corretos e errados de instalar conexões flangeadas.

Os valores adequados de torque são dados na Figura 21. Esses valores de torque são aplicáveis apenas às conexões flangeadas.

Diâmetro externo do tubo	Conexão tipo parafuso ou porca	Tubo, parafuso, conexão ou porca de liga de Alumínio. Torque em lbs / pol	Tubo, parafuso, conexão ou porca de liga de aço. Torque em Lbs / pol	Conexão p/ mangueira e conjuntos		Mínimo raio de dobras (polegadas)	
				Conexão MS 28740 ou equivalente		Liga de Alumínio 1100-H14 5052-0	Aço
				Mínimo	Máximo		
1/8	—2	20—30				3/8	
3/16	—3	30—40	90—100	70	120	7/16	21/32
1/4	—4	40—65	135—150	100	250	9/16	7/8
5/16	—5	60—85	180—200	210	420	3/4	1 1/8
3/8	—6	75—125	270—300	300	480	15/16	1 5/16
5/8	—8	150—250	450—500	500	850	1 1/4	1 3/4
1/2	—10	200—350	650—700	700	1150	1 1/2	2 3/16
3/4	—12	300—500	900—1000			1 3/4	2 5/8
7/8	—14	500—600	1000—1100				
1	—16	500—700	1200—1400			3	3 1/2
1—1/4	—20	600—900	1200—1400			3 3/4	4 3/8
1—1/2	—24	600—900	1500—1800			5	5 1/4
1—3/4	—28	850—1050				7	6 1/8
2	—32	950—1150				8	7

Fonte: BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figura 21: Dados de conexões flangeadas.

Instalação de Tubos sem Flange

A porca deve ser apertada com a mão, até que seja encontrada uma resistência ao aperto. Sendo impossível girar a porca com a mão até o final, usamos uma chave e ficamos alerta ao primeiro sinal de chegada ao fim da rosca.

É importante que o aperto final comece no ponto em que a porca for atingir o batente.

Com uma chave, giramos a porca 1/6 de volta (uma face da porca hexagonal). Usa-se outra chave na conexão para se evitar um giro, enquanto aperta-se a porca.

Depois que o conjunto de tubos estiver instalado, o sistema deverá ser testado sob pressão.

Em uma conexão com vazamento é permitido apertar a porca 1/6 de volta a mais (perfazendo um total de 1/3 de volta).

Se depois de ter apertado 1/3 de volta da porca, o vazamento persistir, o conjunto deverá ser removido e os componentes inspecionados quanto às incisões, rachaduras, presença de materiais estranhos ou danos causados por aperto demasiado.

Nota: O aperto acima do previsto em uma porca de um tubo sem flange gira o bordo cortante da luva, aprofundando-o no tubo, causando o enfraquecimento naquele ponto, onde a vibração normal de voo causará o cisalhamento do tubo. Após a inspeção (se não forem encontradas discrepâncias), reinstale as conexões e repita os procedimentos de teste sob pressão.

Cuidado: Em nenhuma condição a porca deverá ser apertada além de 1/3 de volta (duas faces da porca hexagonal), isto é o máximo de aperto para uma conexão sem que haja a possibilidade de danos permanentes para a luva e para a porca.

As falhas mais comuns são:

1. Flange deformado pelos fios de rosca da porca;
2. Luva quebrada;
3. Flange quebrado ou cortado;
4. Flange mal feito;
5. Flange com a parte interna arranhada ou áspera;
6. Cone da conexão arranhado ou áspero;
7. Rosca da porca ou da união suja, danificada ou quebrada.

Algumas instruções de serviço dos fabricantes especificam os valores para o torquímetro e para as instalações de tubulações sem flange (para exemplos, veja a Figura 22).

TORQUE PARA TUBOS DE AÇO 304 1/8H

DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	EXPESSURA DA PAREDE	TORQUE EM LBS / POL
3/16	0.016	90—110
3/16	0.020	90—110
1/4	0.016	110—140
1/4	0.020	110—140
5/16	0.020	100—120
3/8	0.020	170—230
3/8	0.028	200—250
1/2	0.020	300—400
1/2	0.028	400—500
1/2	0.035	500—600
5/8	0.020	300—400
5/8	0.035	600—700
5/8	0.042	700—850
3/4	0.028	650—800
3/4	0.049	800—960
1	0.020	800—950
1	0.065	1600—1750

TORQUE PARA TUBOS DE AÇO 304-1A OU 347 1A

3/8	0.042	145—175
1/2	0.028	300—400
1/2	0.049	500—600
1	0.035	750—900

TORQUE PARA TUBOS 6061 – T6 OU T4

1/4	0.035	110—140
3/8	0.035	145—175
1/2	0.035	270—330
1/2	0.049	320—380
5/8	0.035	360—440
5/8	0.049	425—525
3/4	0.035	380—470
1	0.035	700—900
1 1/4	0.035	900—1100

Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A da FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figura 22: Valores de torque para conexões sem flange.

Precauções na Montagem de Tubulações

Para nos certificarmos de que o material da conexão que está sendo usada é semelhante ao da tubulação, por exemplo, usamos conexões de aço, com tubos de aço e conexões de liga de alumínio com tubos de liga de alumínio.

Conexões de latão banhadas com cádmio podem ser usadas com tubulações de liga de alumínio.

Como prevenção da corrosão, as linhas e conexões de liga de alumínio, usualmente são anodizadas.

As linhas e conexões de aço, se não forem de aço inoxidável, são banhadas para evitar ferrugem e corrosão.

Conexões de aço e de latão são, usualmente, banhadas com cádmio, ainda que algumas possam ser encontradas com banho de níquel, cromo ou estanhadas.

Para nos assegurarmos de uma vedação perfeita das conexões flexíveis e para evitar que as braçadeiras se quebrem ou danifiquem as mangueiras ou durites, seguimos cuidadosamente as instruções de aperto das braçadeiras.

Quando possível, usamos a chave limitadora de torque para as braçadeiras. Essas chaves são encontradas nas calibrações de 15 e de 25 polegadas por libras.

Na falta das chaves limitadoras de torque, o método seguido é o de "aperto com a mão mais voltas".

Devido às variações de formato das braçadeiras e da estrutura das tubulações flexíveis, os valores dados na Figura 23 são aproximados.

Um bom julgamento é feito quando se aperta braçadeiras por esse método.

Levando-se em consideração que as conexões flexíveis estão sujeitas a cederem ao aperto das braçadeiras ou a um processo de assentamento, um cheque de verificação do aperto deverá ser feito durante alguns dias após a instalação.

2.4 SUPORTES DE FIXAÇÃO

Braçadeiras de fixação são usadas para suportar as diversas linhas dos sistemas da célula e do conjunto do motor. Vários tipos de suportes são usados para esta finalidade. A protegida com borracha e a plana são as braçadeiras mais utilizadas.

A protegida com borracha é usada para fixar linhas em áreas sujeitas a vibração, evitando o desgaste do tubo pelo atrito.

A braçadeira plana é usada para fixar linhas em áreas não sujeitas a vibração.

Uma braçadeira protegida com Teflon é usada em áreas sujeitas aos efeitos da deterioração causada pelo Skydrol 500, fluido hidráulico (MIL-0-5606), ou combustível.

Mas devido a sua pouca flexibilidade, ele não evita de modo satisfatório o efeito da vibração, como os outros materiais.

Método de aperto de braçadeiras manualmente			REAPERTO DE BRAÇADEIRAS DE MANGUEIRAS
Apenas instalação inicial.	Parafuso de rosca sem fim de braçadeiras 10 fios de rosca por polegada.	Braçadeira radial de outros tipos 28 fios por polegada.	<ul style="list-style-type: none"> - Se as braçadeiras não vedarem com o aperto especificado, examine as conexões e substitua as partes como necessário. - As instruções acima, são para instalações iniciais e não deverão ser usadas para braçadeiras frouxas. - Para o reaperto de braçadeiras que afrouxaram em serviços, proceda como se segue: <ol style="list-style-type: none"> 1-Mangueiras sem autovedação - Se a braçadeira não pode ser apertada com os dedos não há problema, desde que sem vazamento evidente. Se existe vazamento, aperte ¼ de volta. 2-Mangueiras auto-vedantes - Se mais frouxas que o aperto manual, aperte e adicione mais ¼ de volta.
Mangueira de auto-vedação aproximadam. 15 pol./lbs.	Aperto com a mão. 2 voltas completas.	Aperto com a mão. 2 voltas e meia, completas.	
Todas as outras mangueiras aproximad- 25 pol.-lbs.	Aperto com a mão. Mais 1 volta e 1/4.	Aperto com a mão. Mais 2 voltas completas.	

Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.*

Figura 23: Aperto de braçadeiras de mangueiras.

Para a fixação de tubulações metálicas de linhas de sistema hidráulico, de combustível e de óleo, usamos braçadeiras sem isolamento para o efeito de continuidade da "massa". Usaremos as braçadeiras isoladas apenas para a fixação de fios. Toda a pintura ou anodização do tubo na parte de contato é removida com a braçadeira. Logo após, verificamos se as braçadeiras são do tamanho correto.

Braçadeiras e suportes menores do que o diâmetro externo dos tubos flexíveis pode restringir o fluxo do fluido através dele.

Todas as tubulações devem estar fixadas em intervalos especificados. As distâncias máximas entre suportes, para tubulações rígidas, são apresentadas na Figura 24.

Diâmetro externo O.D (pol.)	Distância entre suportes (pol.)	
	Liga de Alumínio	Aço
1/8	9 1/2	11 1/2
3/16	12	14
1/4	13 1/2	16
5/16	15	18
3/8	16 1/2	20
1/2	19	23
5/8	22	25 1/2
3/4	24	27 1/2
1	26 1/2	30

Fonte: BRASIL. LAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional *Matérias Básicas*, tradução do AC 65-9A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook*). Edição Revisada 2002.

Figura 24: Distância máxima entre suportes para tubulações de fluidos.



Referência Bibliográfica

BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.



Encerrando a Disciplina

Com este módulo, damos por encerrada a disciplina de Tubulações e Conexões. Esperamos ter passado o conhecimento necessário ao desempenho de suas funções, desejando o contínuo progresso profissional através dos estudos e do contato com os avanços tecnológicos da aeronáutica.

Forte abraço!

Prof. Luis Antonio Verona