

MATERIAIS DE AVIAÇÃO E PROCESSOS

INTRODUÇÃO

Este título incorpora as diversas partes utilizadas na fabricação e no reparo de aeronaves, como os vários tipos de prendedores e uma miscelânea de pequenos itens e os tratamentos a que estão sujeitos durante sua fabricação ou utilização.

A importância do material de aviação é muitas vezes desprezada devido ao seu pequeno tamanho; entretanto, a segurança e a eficiência da operação de uma aeronave depende de uma correta seleção e, uso adequado do material de aviação, assim como o conhecimento e a utilização dos processos adequados a esse material.

IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE AVIAÇÃO-

A maioria dos itens são identificados por números de especificação ou nome do fabricante. Peças com fios de rosca e rebites são usualmente identificados pelas letras AN (*Air Force - Navy*), NAS (*National Aircraft Standard*), ou MS (*Military Standard*) seguidas de números.

Os prendedores de desconexão rápida são usualmente identificados por nomes dados pelo fabricante e pela designação dos tamanhos.

Prendedores rosqueados

Os vários tipos de dispositivos de fixação, ou de fechamento, permitem uma rápida desmontagem e recolocação de partes de aeronaves, que devem ser separadas e conectadas em intervalos freqüentes.

Rebitando ou soldando estas partes, cada vez que forem manuseadas, a junção enfraquecerá, tornando-se deficiente. Algumas juntas, muitas vezes, requerem uma resistência à tensão e rigidez superiores a que um rebite pode oferecer.

Entende-se por parafusos, dispositivos de fixação, que permitem segurança e rigidez na união de peças. Existem dois tipos de parafusos: os utilizados em mecânica (bolts), geralmente quando se necessita grande firmeza; e os de rosca

ca soberba (screws), quando a firmeza não é um fator importante. Ambos têm algumas semelhanças são usados para prender e possuem em uma de suas extremidades uma cabeça; e, na outra, fios de rosca. Também há diferenças distintas: a ponta com fios de roscas de um parafuso para mecânica é sempre rombuda (faces paralelas), enquanto que o de rosca soberba pode ter a ponta com rosca rombuda ou pontuda.

O parafuso para mecânica (bolt), geralmente tem uma porca atarrachada para completar o conjunto, enquanto que o de rosca soberba pode ser introduzido em um orifício próprio para ele; ou, diretamente no material a ser fixado.

Um parafuso para mecânica tem a parte rosqueada relativamente curta, com relação ao comprimento; enquanto isso, o de rosca soberba tem a parte rosqueada relativamente longa, e não tem a parte lisa (gola), claramente definida.

Um conjunto, parafuso/porca é geralmente apertado pela porca; e a cabeça do parafuso poderá ser ou não utilizada para fixar o conjunto. Um parafuso de rosca soberba é sempre apertado pela cabeça.

Quando um dispositivo de fixação tiver que ser substituído, deverá sê-lo por uma duplicata do original, sempre que possível. Se não houver uma duplicata, muito cuidado deverá ser tomado na seleção do substituto.

Classificação dos fios de rosca

Para os parafusos para aeronaves (*bolts*); ou os de rosca soberba (*screws*); e porcas, são fabricados em um dos seguintes tipos de fios de rosca: NC (*American National Coarse*), série de filetes grossos destinados ao uso em metais; NF (*American National Fine*), séries de filetes finos destinado ao uso geral em aeronaves e motores; UNC (*American Standard Unified Coarse*) ou UNF (*American Standard Unified Fine*).

A diferença entre os tipos de rosca da série *American National* (NC e NF) e os do tipo *American Standard Unified* (UNC e UNF) pode ser notada, por exemplo, no parafuso de uma polegada (1") de diâmetro do tipo NF, que será especificado como 1-14NF, indicando possuir 14 fios de rosca em cada polegada da parte ros-

queada, enquanto que, o parafuso de uma polegada (1") de diâmetro do tipo UNF será especificado como 1-12UNF, indicando possuir 12 fios de rosca em cada polegada da parte rosqueada.

Em ambos, é considerado o número de vezes que o fio de rosca completa uma volta no espaço de uma polegada, da parte rosqueada de um parafuso de determinado diâmetro.

Por exemplo, a especificação 4-28 indica que um parafuso de 1/4" de diâmetro tem 28 fios de rosca em cada polegada da parte rosqueada.

As roscas são também especificadas em classes de acabamento, que indicam a tolerância permitida pelo fabricante, com referência a sua instalação nos furos do material a ser preso ou fixado.

Classe 1 - "Loose fit" - ajuste com folga ou encaixe deslizante - usado onde o espaço entre as partes conjugadas é essencial para uma rápida montagem, podendo ser girado com os dedos;

Classe 2 - "Free fit" - ajuste livre - destinado a partes que são unidas com parafusos e porcas, tipo comerciais onde um pequeno jogo tem uma relativa margem de tolerância;

Classe 3 - "Medium fit" - ajuste médio - destinado a partes onde é desejado um valor mínimo de folga ou de jogo entre as partes rosqueadas. Esse tipo de ajuste é geralmente empregado na construção aeronáutica.

Classe 4 - "Close fit" - forte ajuste ou ajuste sob pressão - destinado a requisitos especiais. Os parafusos de ajuste sob pressão são instalados com ferramentas ou máquinas.

Os parafusos e as porcas são também produzidos com a rosca-esquerda.

O parafuso de rosca-direita é o que tem o seu aperto no sentido dos ponteiros de um relógio, o de rosca-esquerda quando tem que ser girado no sentido inverso para conseguir o aperto.

As roscas, direita e esquerda são, designadas respectivamente por RH e LH.

PARAFUSOS DE AVIAÇÃO

Os parafusos empregados em aviação são fabricados em aço resistente à corrosão, com banho de cádmio ou de zinco; de aço resis-

tente a corrosão, sem banho, ou ainda de liga de alumínio anodizado.

A maioria dos parafusos, utilizados em estruturas de aeronaves, tanto pode ser do tipo padrão como AN, NAS com encaixe na cabeça para ferramentas, de tolerância mínima, ou do tipo MS.

Em certos casos, os fabricantes de aeronaves fazem parafusos de diferentes dimensões ou maior resistência do que o tipo padrão.

Do mesmo modo, os parafusos são fabricados para aplicações especiais, e é de extrema importância utilizar parafusos iguais como substituto.

Os parafusos especiais são normalmente identificados por uma letra "S" estampada na cabeça.

Os parafusos AN são encontrados em três estilos de cabeça: hexagonal, Clevis e com olhal (Figura 6-1).

Os parafusos NAS são encontrados com a cabeça hexagonal, com encaixe na cabeça para ferramentas e com a cabeça escariada. Os parafusos MS têm a cabeça hexagonal ou com encaixe para ferramentas.

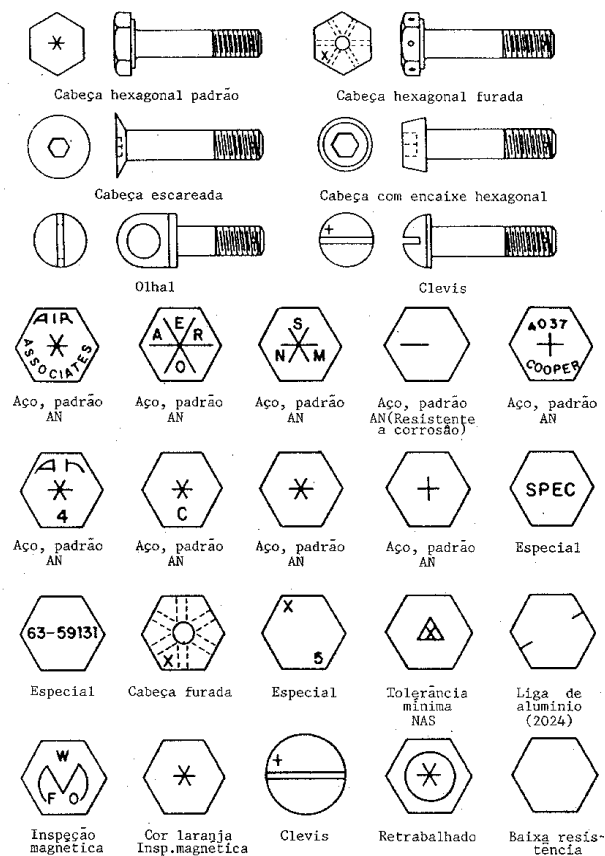


Figura 6-1 Identificação de parafusos de aeronaves.

Parafusos de uso geral

Os parafusos de cabeça hexagonal (AN-3 até AN-20), são usados em estruturas, e em aplicações gerais, que envolvam cargas de tensão e de cisalhamento.

Os parafusos de ligas de aço, menores do que o nº 10-32; e os de liga de alumínio, menores do que 1/4" de diâmetro, nunca devem ser usados em peças estruturais.

Os parafusos e as porcas de liga de alumínio não são usados quando tiverem que ser removidos, repetidamente, para serviços de manutenção e inspeção. As porcas de liga de alumínio podem ser usadas com os parafusos de aço banhados de cádmio, que sofram cargas de cisalhamento, em aeronaves terrestres; mas, não poderão ser usadas em aeronaves marítimas, devido a possibilidade de corrosão entre metais diferentes.

O parafuso AN-73 é semelhante ao cabeça hexagonal padrão, porém, possui uma depressão na cabeça e um furo para passagem de arame de freio. O AN-3 e o AN-73 são intercambiáveis para todas as aplicações práticas, do ponto de vista de tensão e resistência ao cisalhamento.

Parafusos de tolerância mínima

Esse tipo de parafuso é fabricado com mais cuidado do que o de uso geral. Os parafusos de tolerância mínima podem ser de cabeça hexagonal (AN-173 até AN-186) ou ser de cabeça chanfrada a 100° (NAS-80 até NAS-86).

Eles são usados em aplicações onde uma ajustagem forte é requerida (o parafuso somente será movido de sua posição quando for aplicada uma pancada com um martelo de 12 a 14 onças).

Parafusos com encaixe na cabeça para adaptação de chave

Estes parafusos (MS-20004 até MS-20024 ou NAS-495), são fabricados de um aço de alta resistência, e são adequados para o uso em locais onde são exigidos esforços de tensão e cisalhamento.

Quando forem usados em partes de aço, os furos para os parafusos devem ser escariados para assentar o grande raio do ângulo formado entre o corpo e a cabeça. Quando usados em

partes de liga de alumínio, uma arruela especial, tratada à quente deve ser usada para permitir um adequado ponto de apoio para a cabeça. O encaixe na cabeça é para inserir uma chave para a instalação e remoção do parafuso. Porcas especiais de alta resistência são utilizadas nestes parafusos. Parafusos com encaixe na cabeça, só podem ser substituídos por outros exatamente iguais. Os de cabeça hexagonal AN, não possuem a requerida resistência.

Identificação e códigos

Os parafusos são fabricados em uma grande variedade de formatos, não existindo, portanto, um método direto de classificação. Os parafusos podem ser identificados pelo formato da cabeça, método de fixação, material usado na fabricação ou emprego determinado.

Os parafusos de aviação do tipo AN podem ser identificados pelo código marcado nas cabeças. A marca geralmente indica o fabricante, o material de que é feito, se é um tipo AN padrão ou um parafuso para fim especial.

Um parafuso AN padrão é marcado na cabeça, com riscos em relevo, ou um asterisco; o de aço resistente a corrosão é indicado por um simples risco; e o de liga de alumínio AN é marcado com dois riscos opostos. Informações adicionais, como o diâmetro do parafuso, comprimento ou aperto adequado, são obtidos pelo número de parte (Part number).

Por exemplo, um parafuso cujo número de parte seja AN3DD5A, as letras "AN", indicam ser um parafuso padrão *Air Force-Navy*; o "3" indica o diâmetro em dezesseis avos da polegada (3/16"); o "DD", indica que o material é liga de alumínio 2024. A letra "C", no lugar de "D", indicaria aço resistente à corrosão e, a ausência das letras, indicaria aço com banho de cádmio. O "5" indica o comprimento em oitavos da polegada (5/8"); e o "A", indica não possuir furo para contrapino.

Os parafusos NAS, de tolerância mínima, são marcados com um triângulo riscado ou rebaixado.

As marcas do tipo de material dos parafusos NAS são as mesmas para os AN, exceto quando elas são riscadas ou rebaixadas.

Os parafusos que receberam inspeção magnética (*Magnaflux*) ou por meios fluorescentes (*Zyglo*), são identificados por uma tinta colorida ou uma marca tipo distintivo na cabeça.

Parafusos para fins especiais

São os fabricados para uma particular aplicação, por exemplo: parafuso *Clevis*, parafuso de Olhal, *Jobolts* e *Lockbolts*.

Parafusos Clevis

A cabeça de um parafuso Clevis é redonda e possui ranhuras, para receber uma chave de fenda comum ou para receber uma chave em cruz.

Este tipo de parafuso é usado somente onde ocorrem cargas de cisalhamento e nunca de tensão. Ele é muitas vezes colocado como um pino mecânico em um sistema de controle.

Parafusos de Olhal

Este tipo de parafuso especial é usado onde cargas de tensão são aplicadas.

O Olhal tem por finalidade permitir a fixação de peças, como o garfo de um esticador, um pino Clevis ou um terminal de cabo. A parte com rosca pode ou não ter o orifício para contrapino.

"Jobolts"

"JOBOLT" é a marca registrada de um rebite com rosca interna e composto de três partes: um parafuso de liga de aço, uma porca de aço com rosca e uma luva expansível de aço inoxidável. As partes são pré-montadas na fábrica. é instalado, o para

Quando o *JOBOLT* fuso é girado, enquanto a porca é mantida. Isto causa a expansão da luva sobre a porca, formando uma cabeça que irá empurrar uma chapa de encontro à outra. Quando a rotação do parafuso se completa, uma porção dele se quebra.

A alta resistência ao cisalhamento à tensão, tornam o *JOBOLT* adequado ao uso em casos de grandes esforços, onde os outros tipos de prendedores são impraticáveis.

JOBOLTS são muitas vezes utilizados em partes permanentes da estrutura de aeronaves mais antigas.

Eles são usados em áreas que não são sujeitas à constantes substituições ou serviços. Como ele é formado por três partes, não deverá ser utilizado em locais, caso uma parte se solte, ou seja sugada pela entrada de ar do motor.

Outras vantagens do uso do *JOBOLT* são sua excelente resistência à vibração, pouco peso e rápida instalação por apenas uma pessoa.

Atualmente os *JOBOLTS* são encontrados em quatro diâmetros: Séries 200, 260, 312 e 375, com aproximadamente 3/16", 1/4", 5/16" e 3/8" de diâmetro respectivamente. Os *JOBOLTS* são encontrados com três diferentes tipos de cabeça: F (flush), P (hexagonal) e FA (millable).

Parafusos de retenção (*Lokbolts*)

Estes combinam as características de um parafuso e de um rebite de grande resistência, mas possuem vantagens sobre ambos.

O parafuso de retenção é geralmente usado na junção de asas, ferragens do trem de pouso, ferragens de células de combustível, longarinas, vigas, união do revestimento e outras uniões importantes da estrutura. Ele é mais rapidamente e facilmente instalado do que um rebite ou parafuso convencionais e elimina o uso de arruelas-freno, contrapinos e porcas especiais.

Do mesmo modo que um rebite, o parafuso de retenção (*lockbolt*), requer uma ferramenta pneumática para sua instalação. Quando instalado, ele permanecerá rígido e permanentemente fixo no local.

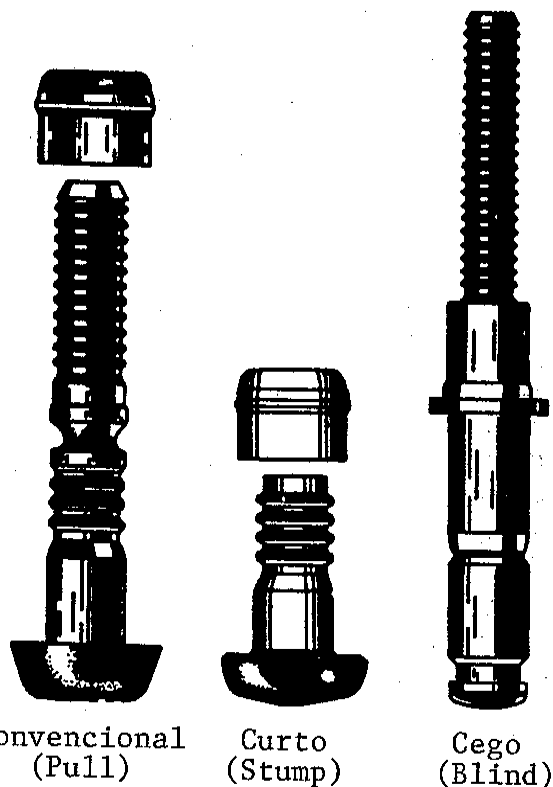


Figura 6-2 Parafusos de retenção (*Lokbolts*).
Tipo Convencional (Pull)

Os três tipos de parafusos de retenção *lockbolts* mais usados são: o convencional (*pull*), o curto (*stump*) e cego (*blind*), mostrados na figura 6-2.

São usados principalmente em estruturas primárias e secundárias de aeronaves. Eles são instalados muito rapidamente e têm aproximadamente a metade do peso dos parafusos e porcas AN equivalentes. Uma ferramenta pneumática especial ("*pull gun*") é necessária para instalar este tipo de *lockbolt*. A instalação pode ser executada por apenas uma pessoa por não ser necessário o uso de barra encontradora.

Tipo Curto (Stump)

Embora o tipo curto não tenha a haste tão comprida quanto o convencional, ele é considerado semelhante na utilização. Eles são usados principalmente quando o espaço não permite a instalação do tipo convencional.

Uma rebitadora pneumática padrão (com um martelete para estampar o colar na ranhura do pino) e uma barra encontradora são as ferramentas necessárias para a instalação de um *lockbolt* do tipo curto (*stump*).

Tipo Cego (Blind)

São fornecidos como unidades completas, ou seja, conjuntos montados. Eles têm excepcional resistência, e a característica de forçar a união das chapas.

Os parafusos de retenção cegos são usados onde somente um lado do trabalho é acessível e, geralmente, onde for difícil a cravação de um rebite convencional.

Este tipo de prendedor é instalado da mesma maneira que o tipo convencional.

Características Comuns

Os três tipos de parafusos de retenção *lockbolt*, têm em comum, as ranhuras de travamento no pino e o colar de travamento, o qual é estampado dentro das ranhuras de trava do pino, travando-o sob tensão.

Os pinos dos tipos convencional e cego são compridos para a instalação por tração.

A extensão da haste é provida de ranhuras com a finalidade de permitir a tração e uma ranhura maior para a ruptura sob tensão da parte excedente da haste.

Composição

Os pinos dos parafusos de retenção do tipo convencional e do tipo curto, são feitos de liga de aço com tratamento térmico, ou então, de liga de alumínio de alta resistência. Os colares do conjunto são feitos de liga de alumínio ou de aço macio. O tipo cego (*blind*) consiste num (a): pino de liga de aço com tratamento térmico; luva cega (*blind sleeve*); luva cônica (*filler sleeve*); colar de aço macio; e arruela de aço carbono.

Substituição

Os parafusos de retenção de liga de aço podem ser usados como substitutos dos rebites de aço *HI-SHEAR*, rebites sólidos de aço ou parafusos AN do mesmo diâmetro e mesmo tipo de cabeça. Parafusos de retenção de aço e de liga de alumínio podem ser usados para substituir os parafusos de aço e os de liga de alumínio 2024 T, respectivamente, do mesmo diâmetro.

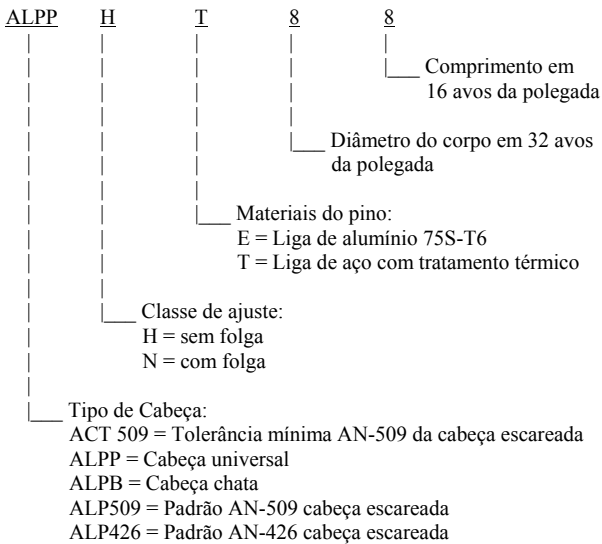
Sistema de Numeração

Para os diversos tipos de parafusos de retenção *lockbolts*, os sistemas de numeração são os seguintes:

GRIP N°	Min	Max	GRIP N°	Min	Max
1	.031	.094	17	1.031	1.094
2	.094	.156	18	1.094	1.156
3	.156	.219	19	1.156	1.219
4	.219	.281	20	1.219	1.281
5	.281	.344	21	1.281	1.344
6	.344	.406	22	1.344	1.406
7	.406	.469	23	1.406	1.469
8	.469	.531	24	1.469	1.531
9	.531	.594	25	1.531	1.594
10	.594	.656	26	1.594	1.656
11	.656	.718	27	1.656	1.718
12	.718	.781	28	1.718	1.781
13	.781	.843	29	1.781	1.843
14	.843	.906	30	1.843	1.906
15	.906	.968	31	1.906	1.968
16	.968	1.031	32	1.968	2.031
			33	2.031	2.094

Figura 6-3 Limites de “pega” (GRIP) dos parafusos de retenção tipos convencionais e curto.

Tipo Convencional (PULL)



TIPO CURTO (STUMP)

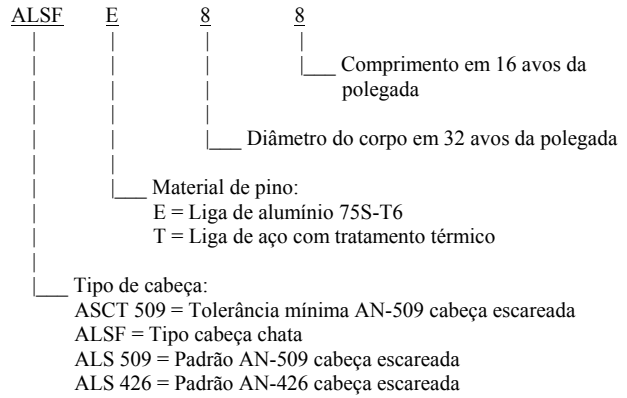
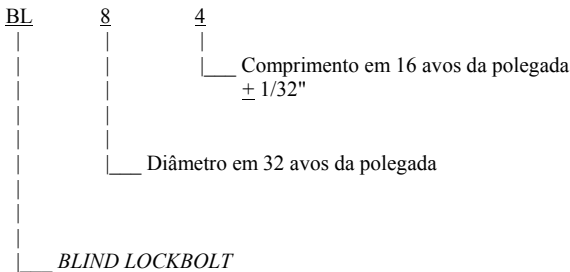
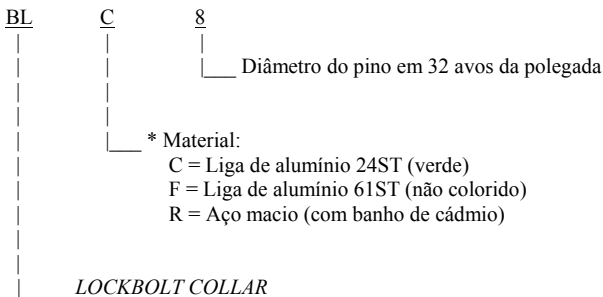


Figura 6-4 Sistema de numeração dos parafusos de retenção (*Lockbolts*).

TIPO CEGO (BLIND)



COLAR DO PARAFUSO DE RETENÇÃO



*

- Use em liga de alumínio 25 ST, somente parafusos de retenção de liga com tratamento térmico.

- Use em liga de alumínio 61 ST, somente parafusos de retenção de liga de alumínio 75 ST.

- Use aço macio com parafusos de retenção de aço com tratamento térmico somente para aplicações em alta temperatura.

1/4" Diâmetro			5/16" Diâmetro		
PEGA N°	EXPESSURA Min	EXPESSURA Max	PEGA N°	EXPESSURA Min	EXPESSURA Max
1	.031	.094	2	.094	.156
2	.094	.156	3	.156	.219
3	.156	.219	4	.219	.281
4	.219	.281	5	.281	.344
5	.281	.344	6	.344	.406
6	.344	.406	7	.406	.469
7	.406	.469	8	.469	.531
8	.469	.531	9	.531	.594
9	.531	.594	10	.594	.656
10	.594	.656	11	.656	.718
11	.656	.718	12	.718	.781
12	.718	.781	13	.781	.843
13	.781	.843	14	.843	.906
14	.843	.906	15	.906	.968
15	.906	.968	16	.968	1.031
16	.968	1.031	17	1.031	1.094
17	1.031	1.094	18	1.094	1.156
18	1.094	1.156	19	1.156	1.219
19	1.156	1.219	20	1.219	1.281
20	1.219	1.281	21	1.281	1.343
21	1.281	1.343	22	1.343	1.406
22	1.343	1.406	23	1.406	1.469
23	1.406	1.469	24	1.469	1.531
24	1.469	1.531			
25	1.531	1.594			

Figura 6-5 Limites da pega (*GRIP*) dos parafusos de retenção tipo cego (*Blind*).

ESPESSURA DO MATERIAL

O tamanho do parafuso requerido para um determinado trabalho deve ser de acordo com a espessura do material, medida com uma régua em gancho, através do orifício onde ele será colocado. Após a medição poderão ser determinados os limites da pega (espessura do

material a ser unido), através das tabelas fornecidas pelos fabricantes dos rebites.

Exemplos das tabelas de limites da pega (grip range) são apresentados nas Figuras 6-3 e 6-5.

Quando instalado, o colar do parafuso de retenção deverá ser estampado em toda a extensão do colar.

A tolerância da parte do pino a ser quebrada com relação à parte superior do colar deve estar dentro das seguintes dimensões:

Diâmetro do pino	Tolerância	
	antes	após
3/16	.079 a	.032
1/4	.079 a	.050
5/16	.079 a	.050
3/8	.079 a	.060

Quando for necessário remover um parafuso de retenção, corte o colar com uma pequena talhadeira bem afiada, evitando danificar ou deformar o orifício. É aconselhável o uso de uma barra de encontro no lado oposto ao que está sendo cortado. O pino poderá então ser retirado com um punção.

PORCAS DE AERONAVES

As porcas usadas em aviação são feitas em diversos formatos e tamanhos. São fabricadas com aço carbono banhado em cádmio, aço inoxidável, ou liga de alumínio 2024T anodizado; e pode ser obtida com rosca esquerda ou direita.

Não existem marcas de identificação ou letras nas porcas, elas podem ser identificadas pelas características metálicas, brilho ou cor de alumínio, bronze ou o encaixe, quando a porca for do tipo autofreno.

Elas podem, além disso, ser identificadas pela sua construção.

As porcas usadas em aviação podem ser divididas em dois grupos gerais: comuns e autofreno.

Comuns são aquelas que devem ser frenadas por um dispositivo externo como contrapino, arame de freio ou contra-porcas. Porcas autofreno são as que contém características de frenagem como parte integral.

Porcas comuns - É o mais comum tipo de porca, incluindo a lisa, a castelo, a castelada de cisalhamento, a sextavada lisa, a hexagonal leve e a lisa leve (ver Figura 6-6).

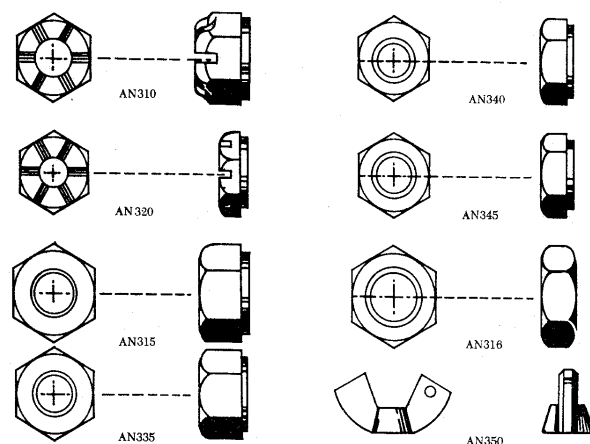


Figura 6-6 Porcas comuns de aeronaves.

A porca castelo AN310, é usada com os parafusos: AN de cabeça hexagonal, com furo para contrapino; Clevis de olhal, de cabeça com furo para freio, ou prisioneiros.

Ela é razoavelmente robusta e pode resistir a grandes cargas tensionais. Ranhuras (chamadas de castelo), na porca, são destinadas a acomodar um contrapino ou arame de freio para segurança.

A castelada de cisalhamento, AN 320, é designada para o uso com dispositivos (tais como parafusos Clevis com furo e pinos cônicos com rosca), os quais são, normalmente, sujeitos somente a esforços de cisalhamento.

Do mesmo modo que a porca castelo, ela é castelada para frenagem. Note, entretanto, que a porca não é tão profunda ou tão forte quanto a castelo; também que as ranhuras não são tão fundas quanto aquelas da porca castelo.

A porca sextavada lisa, AN315 e AN335 (rosca fina e rosca grossa), é de construção robusta.

Ela é adequada para suportar grandes cargas tensionais. Entretanto, ela requer um dispositivo auxiliar de travamento como uma contraporca ou arruela freio, e o seu uso em estruturas de aeronaves é um pouco limitado.

A porca sextavada leve, AN340 e AN345 (rosca fina e rosca grossa), é uma porca mais fina do que a plana hexagonal e deve ser frenada por um dispositivo auxiliar. Ela é usada em situações diversas em que haja pouca exigência de tensão.

A porca plana leve AN316, é usada como um dispositivo de frenagem (contra-porca), para as porcas planas, parafusos de retenção terminais com rosca e outros dispositivos.

A porca borboleta AN350 é aplicada onde a desejada firmeza pode ser obtida com os dedos, e em conjuntos, que são freqüentemente removidos.

Porcas autofreno

Conforme seu nome indica, as porcas autofreno não necessitam de meios auxiliares de frenagem, por já terem como característica de construção dispositivos de frenagem, como parte integral.

Muitos tipos de porcas autofreno têm sido fabricados e o seu uso está amplamente difundido.

Suas aplicações mais comuns são:

- (1) Fixação de mancais antifricção e polias de controles;
- (2) Fixação de acessórios, porcas fixas ao redor de janelas de inspeção e em aberturas para instalação de pequenos tanques; e
- (3) Fixação das tampas das caixas de balancins e dos tubos de escapamento dos gases.

Porcas autofreno são aceitáveis para utilização em aeronaves, dependendo das restrições do fabricante.

As porcas autofreno são usadas em aeronaves para proporcionar ligações firmes, que não se soltem, quando sob severa vibração. Não usar porcas autofreno em juntas, quando fixando parafusos, ou porcas sujeitos a rotação.

Elas podem ser usadas com mancais antifricção e polias de controles, desde que a pista interna do rolamento esteja fixada à estrutura de suporte pela porca e o parafuso.

As porcas, quando fixadas à estrutura devem ser presas de maneira positiva, para eliminarem rotação ou desalinhamento, quando apertando os parafusos.

Os dois tipos de porcas autofreno, de uso mais comum, são as do tipo de metal e a do tipo de freno de fibra.

Com a intenção de facilitar o entendimento, somente três típicas espécies de porcas autofreno serão consideradas neste manual: a porca do tipo boot e a porca de aço inoxidável, representando o tipo totalmente de metal; e a

porca de freno elástico, representando as do tipo de freno de fibra.

Porca autofreno *boot*

É uma porca construída de uma só peça, inteiramente metálica, destinada a manter a fixação mesmo sob severa vibração. Note, na Figura 6-7, que ela tem duas seções e é essencialmente como duas porcas em uma; a porca freno e a porca suportadora de carga. As duas seções são conectadas com uma mola, a qual faz parte integrante da porca. A mola mantém as seções de frenagem e de suporte de carga a uma certa distância, de modo que os dois setores de fios de rosca fiquem defazados; ou seja, tão espaçado, que um parafuso sendo atarrachado através da seção de suporte de carga deve empurrar a seção de frenagem, de encontro a força da mola, para engrazar propriamente na rosca da seção de frenagem.

Dessa forma, a mola, através da metade da seção de frenagem, exerce uma constante força, apertando a porca. Nesta porca, a seção de suporte de carga tem uma rosca; com a resistência de uma porca padrão das mesmas dimensões; enquanto a seção de frenagem exerce pressão contra a rosca do parafuso, travando a porca com firmeza em sua posição.

Somente com a aplicação de uma ferramenta a porca soltará o parafuso. A porca pode ser removida e reutilizada sem perder sua eficiência. As porcas autofreno tipo boot são fabricadas com três diferentes estilos de molas e em vários formatos e tamanhos. O tipo borboleta, o mais comum, varia do tamanho nº 6 até 1/4", o *rol-top*, de 1/4" até 9/16"; e o tipo *bel-lows*, do tamanho nº 8 até 3/8". As porcas, tipo borboleta, são fabricadas com ligas de alumínio anodizado, aço carbono banhado em cádmio ou, de aço inoxidável. As porcas, tipo *rol-top* são de aço com banhada em cádmio, e as do tipo *bel-lows* são feitas somente de liga de alumínio.

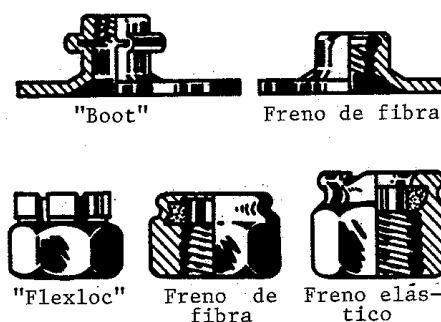


Figura 6-7 Porcas autofreno.

Porcas autofreno de aço inoxidável

São porcas que podem ser colocadas ou retiradas, girando-as com os dedos, porque sua ação de frenagem só é efetiva quando a porca estiver apertada, contra uma superfície sólida.

A porca consiste de duas partes; o corpo, com um ressalto chanfrado para frenagem com chaveta e uma peça com rosca; um ressalto de frenagem, e uma ranhura de encaixe para a chaveta.

A porca pode ser girada facilmente no parafuso, porque a rosca da peça interna é da mesma medida. No entanto, quando a porca encosta na superfície sólida e é apertada, o ressalto de frenagem da peça interna é puxado para baixo, e forçado, de encontro ao ressalto do corpo da porca. Esta ação comprime a peça com rosca e causa o aperto do parafuso.

A porca em corte é vista na fig. 6-8, mostrando como a chaveta do corpo da porca encaixa na ranhura da peça interna, no caso da porca ser girada, a peça interna gira com ela. Isso permite que a ranhura diminua e a peça interna seja comprimida quando a porca estiver apertada.

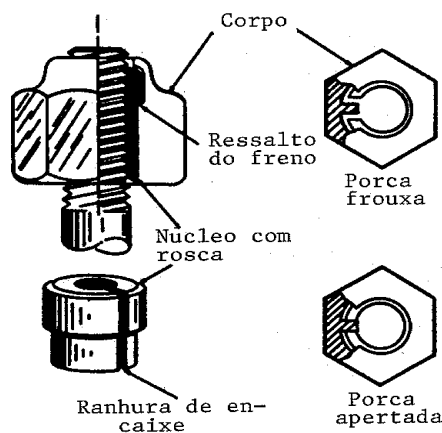


Figura 6-8 Porcas autofreno de aço inoxidável.

Porca *elastic stop*

É uma porca padrão, com a altura aumentada, para acomodar um colar de fibra para frenagem. Este colar de fibra é bastante duro e resistente, não sendo afetado quando imerso em água quente ou fria, ou em solventes comuns como éter, tetracloreto de carbono, óleos ou gasolina. O colar não causa danos à rosca ou à camada protetora do parafuso.

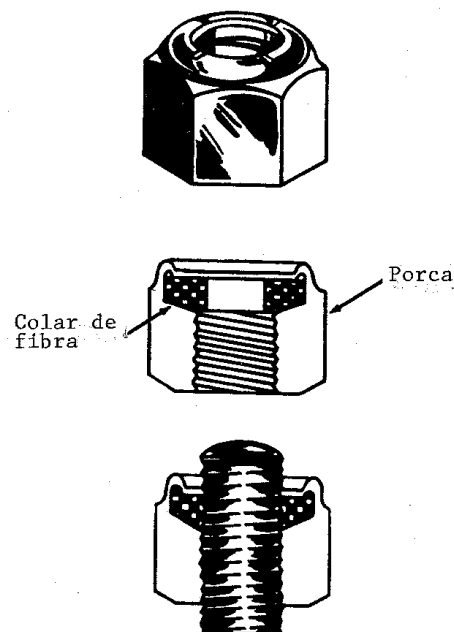


Figura 6-9 Porcas “*Elastic Stop*”.

A Figura 6-9 mostra que o colar de fibra não tem fios de rosca, e que o seu diâmetro interno é menor do que o maior diâmetro da parte roscada, ou o diâmetro externo de um parafuso correspondente à porca. Quando a porca é atarrachada ao parafuso, ela atua como uma porca comum, até que o parafuso atinja o colar de fibra. Quando o parafuso é atarraxado no colar de fibra, a fricção (ou arrasto), empurra o colar para fora da porca, criando uma pressão para dentro da parte suportadora de carga e, automaticamente forçando a parte suportadora de carga da porca a entrar em um contato positivo com a rosca do parafuso. Após o parafuso ter sido forçado por toda espessura do colar de fibra, a pressão para baixo permanecerá constante, mantendo a porca seguramente frenada em sua posição, mesmo sob severa vibração.

Quase todas as porcas *elastic stop* são de aço ou liga de alumínio. Esse tipo de porca é encontrado em qualquer tipo de metal. As porcas *elastic stop* de liga de alumínio são fornecidas com um acabamento anodizado e as de aço, com banho de cádmio.

Normalmente, as porcas *elastic stop* podem ser usadas muitas vezes, em completa segurança, sem perderem sua eficiência de frenagem. Quando reutilizar uma porca *elastic stop*, certifique-se de que a fibra não perdeu sua capacidade de frenagem, nem se tornou quebradiça. Se uma porca desse tipo puder ser girada, até o fim com os dedos, deve ser substituída.

Depois que a porca tiver sido apertada, assegure-se de que a ponta do parafuso ou prisioneiro ultrapassou completamente a parte superior da porca no mínimo 1/32". Parafusos com o diâmetro de 1/16", ou mais, com orifício para contrapino, podem ser usados com porcas autofreno, mas somente se estiverem livres de lima-lhas ou arestas nas margens dos furos. Parafusos com fios de rosca danificados ou ponta áspera não são aceitáveis. Não se deve abrir rosca na fibra da porca autofreno.

A ação de frenagem da porca *elastic stop*, é o resultado do próprio parafuso ter aberto a rosca no colar de fibra.

Não instale a porca *elastic stop* em locais em que a temperatura ultrapasse 110° C (250°F), porque a ação de frenagem da fibra perde a eficiência a partir desse ponto. Porcas autofreno podem ser usadas em motores de aeronaves e acessórios, quando o seu uso for especificado pelo fabricante do motor.

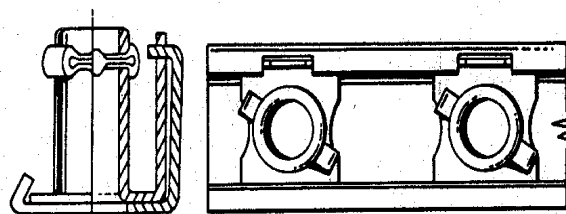
Porcas autofreno são fabricadas em diferentes formas e materiais, para serem rebitadas ou soldadas, na estrutura ou outras partes. Certas aplicações requerem a instalação das porcas autofreno, em canais ou trilhos que permitem a fixação de várias porcas com apenas um pequeno número de rebites (ver Figura 6-10). Nesses canais ou trilhos, as porcas são colocadas em intervalos regulares e, podem ser fixas ou removíveis.

As do tipo removíveis são flutuantes, resolvendo o problema de deslindamento, entre as peças que estão sendo unidas, e podem ser removidas ou instaladas nos trilhos, tornando possível a substituição de porcas danificadas. Porcas do tipo *clinck* e *spline*, que dependem de fricção para sua fixação, não são aceitáveis para o uso em estruturas de aeronaves.

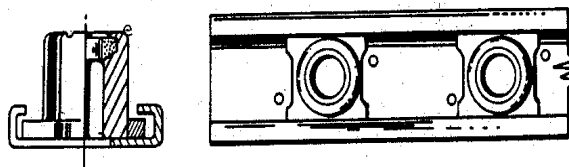
Porcas de chapa

Do mesmo modo que as porcas rápidas, as porcas de chapa são usadas com parafusos de rosca soberba, em locais que não sejam estruturais. Elas são encontradas em várias utilizações, suportando braçadeiras de tubulações e conduítes, equipamento elétrico, portas de acesso; e são encontradas em vários tipos. Elas são fabricadas em aço de mola e são arqueadas antes do endurecimento. Esse arqueamento da mola, funciona como trava, impedindo a perda do aperto do parafuso. Essas porcas, somente devem ser

usadas, quando tiverem sido instaladas durante a fabricação da aeronave.



Conjunto de trilho de porcas Boot



Conjunto de trilho de porcas Elastic stop

Figura 6-10 Porcas autofreno em trilhos.

Porcas com encaixe interno e externo

São encontrados dois tipos comerciais de porcas de alta resistência, com encaixe interno ou externo para ferramentas; elas são porcas do tipo *elastic stop* e do tipo *umbrako*. Ambas são do tipo autofreno, com tratamento térmico, e capazes de oferecer uma alta resistência à carga de tensão do parafuso.

Identificação e códigos

As porcas são designadas por números de parte (PN). Os mais comuns e seus respectivos números de parte são: Lisa, AN 315 e AN 335; Castelo, AN 310; Castelada fina, AN 320; Hexagonal fina, AN 430. Os tipos patenteados de porcas autofreno têm como número de parte (PN) de MS 20363 até MS 20367. As porcas boots, a flexloc, a autofreno de fibra e a *elastic stop* pertencem a este grupo.

A porca tipo borboleta tem como número de parte AN 350.

Letras e números após o número de parte indicam itens como material, tamanho, fios de rosca por polegada; e se a rosca é esquerda ou direita. A letra "B" após o número de parte indica que o material da porca é o latão; um "D" indica liga de alumínio 2017-T; "DD" indica liga de alumínio 2024-T; um "C" indica aço inoxidável; e, um traço, no lugar da letra, indica aço carbono banhado a cádmio.

O algarismo (ou dois algarismos), após o traço, ou, após o código de números e letras da porca, indica o tamanho do corpo e o número de

fios de rosca por polegada do parafuso para aquela porca.

Um traço seguido de um 3, por exemplo, indica que a porca fixará um parafuso AN3 (10-32); um traço e o número 4 quer dizer que fixará um parafuso AN4 (1/4-28); um traço e o número 5, um parafuso AN5 (5/16-24); e assim sucessivamente.

O número de código para as porcas auto-freno é formado por três ou quatro dígitos. Os últimos dois dígitos referem-se ao número de fios de rosca por polegada e, o dígito ou dígitos anteriores indicam o tamanho da porca em 16 avos da polegada.

Outras porcas comuns e seus números de código, são:

Código AN310D5R:

AN310 = porca castelo para aeronaves.

D = liga de alumínio 2024-T.

5 = diâmetro de 5/16".

R = rosca direita (usualmente 24 fios por polegada).

Código AN320-10:

AN320 = porca castelada leve, de aço carbono com banho de cádmio.

10 = diâmetro 5/8", 18 fios de rosca por polegada (esta porca é usualmente de rosca direita).

Código AN350 B1032:

AN350 = porca borboleta para aeronaves.

B = latão

10 = parafuso número 10.

32 = número de fios de rosca por polegada.

ARRUELAS DE AVIAÇÃO

Arruelas de aviação usadas no reparo de células de aeronaves podem ser arruelas planas, freno ou de tipos especiais.

Arruelas planas

Tanto a AN960 como a AN970 são usadas sob as porcas sextavadas. Elas proporcionam uma superfície plana de apoio, e atuam como um calço, para obter uma correta distância para um conjunto porca e parafuso; são usadas

para ajustar a posição do entalhe das porcas casteladas, com o orifício do parafuso, para o contrapino. Arruelas planas devem ser usadas sob as arruelas freno para evitar danos na superfície do material.

Arruelas de alumínio e de liga de alumínio podem ser usadas, sob as cabeças dos parafusos ou porcas, em estruturas de liga de alumínio ou de magnésio, quando houver a possibilidade de corrosão causada por metais diferentes.

Quando usadas desta maneira, qualquer corrente elétrica que fluir no conjunto, será entre a arruela e o parafuso de aço.

Contudo, é prática comum usar uma arruela de aço banhada em cádmio, sob a porca, em contato direto com a estrutura, devido a maior resistência contra a ação de corte da porca ser oferecida pela arruela de aço, do que por uma de liga de alumínio.

A arruela de aço AN970 proporciona uma área maior de apoio do que a AN960 e é usada em estruturas de madeira tanto sob a cabeça do parafuso como sob a porca para evitar o esmagamento da superfície.

Arruelas freno

Tanto a arruela freno AN935 quanto a AN936, são usadas com parafusos de máquina ou parafusos de aviação, onde as porcas auto-freno ou castelada não devem ser instaladas.

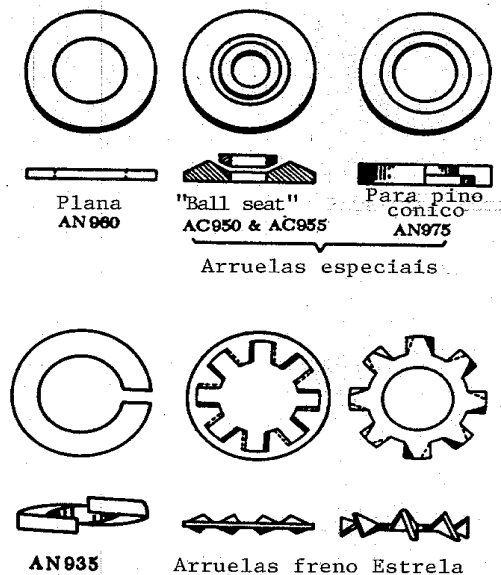
A ação de mola da arruela freno (AN935), proporciona fricção suficiente para evitar o afrouxamento da porca, devido a vibração.

A arruela freno AN935 é também conhecida como arruela de pressão (Essas arruelas são mostradas na Figura 6-11).

As arruelas freno nunca devem ser usadas nas seguintes condições:

- A. Com prendedores em estruturas primárias ou secundárias;
- B. Com prendedores, em qualquer parte da aeronave, onde a falha poderá resultar em perigo ou dano pessoal, ou material;
- C. Quando a falha provocar a abertura de uma junção para o fluxo de ar;

- D. Quando o parafuso estiver sujeito a constantes remoções;
- E. Quando a arruela estiver exposta ao fluxo de ar;
- F. Quando a arruela estiver sujeita à condições de corrosão;
- G. Quando a arruela estiver de encontro a materiais macios, sem uma arruela plana por baixo para evitar cortes na superfície.



Arruelas freno à prova de vibração

São arruelas circulares com uma pequena aba, a qual é dobrada de encontro a uma das faces laterais de uma porca ou, da cabeça de uma parafuso sextavado, travando na posição.

Existem vários métodos de segurança com arruelas, como uma aba, que dobrada a 90° é introduzida em um pequeno orifício na face da unidade, ou uma aba interna, que fixará um parafuso com uma ranhura própria para o freno.

As arruelas freno com aba podem suportar maiores temperaturas do que outros métodos de segurança, e podem ser usadas, sob condições de severa vibração, sem perder a segurança.

Elas deverão ser usadas somente uma vez, porque as abas tendem a quebrar-se quando dobradas uma segunda vez.

Arruelas especiais

As arruelas AC950 (ball socket) e a AC955 (*ball seat*), são arruelas especiais, usadas quando um parafuso precisa ser instalado em ângulo com a superfície ou quando for necessário um perfeito alinhamento entre o parafuso e a superfície.

Essas arruelas são usadas em conjunto e são mostradas na Figura 6-11.

As arruelas NAS 143 e MS 20002 são usadas com parafusos das séries NAS 144 até NAS 158 (parafusos com encaixe interno para ferramentas).

Estas arruelas tanto podem ser planas, para serem usadas sob a porca, como escareadas (designadas como NAS 143 e MS 20002C) para parafusos com cabeça em ângulo (para orifícios escareados).

Figura 6-11 Vários tipos de arruelas

INSTALAÇÃO DE PARAFUSOS E PORCAS

Parafusos e medidas dos furos

Pequenas folgas nos furos para os parafusos, são aceitáveis, onde quer que sejam usadas sob tensão, e não estejam sujeitas a inversão de carga. Algumas das aplicações, nas quais a folga nos furos, é permitida. São elas: suportes de polias, caixas de conduítes, revestimento e diversos suportes.

Os furos para os parafusos devem ser adequados a superfície envolvida, para proporcionar um total apoio à cabeça do parafuso e a porca, e não devendo ser maior do que o necessário, nem ovalizado. Um parafuso em um furo desse tipo não produzirá nenhum esforço, até que as partes tenham cedido ou deformado o suficiente para permitir o contato da superfície do furo ovalizado com o parafuso. Convém lembrar que os parafusos, quando apertados não preenchem os furos como os rebites.

Em casos de furos maiores do que o necessário, ou ovalizados em peças críticas, obtenha informação nos Manuais do Fabricante, da aeronave ou do motor, antes de alargar o furo ou furar para atingir a medida de um parafuso de maior diâmetro.

Usualmente, alguns fatores como distância da borda, folga ou fator de carga, devem ser considerados. Em peças de pouca importância, os furos ovalizados são alargados para a medida maior, mais próxima.

Muitos furos, principalmente para os parafusos de fixação de elementos primários, têm tolerância mínima.

Geralmente, é permitido o uso da broca com a medida imediatamente superior ao diâmetro do parafuso, exceto onde for usado parafuso AN de cabeça hexagonal, em aplicações em que o furo seja ajustado para aquela medida, e onde parafusos NAS de tolerância mínima ou Clevis AN são usados.

Furos ajustados para parafusos (especificados nos desenhos de reparos como folga máxima de 0,0015" entre o parafuso e o furo), são requeridos em locais onde os parafusos são usados em reparos, ou onde eles são colocados na estrutura original.

A fixação de um parafuso em um furo não pode ser definida em termos de diâmetros, como eixo e furo; ela é definida em termos de fricção, entre o parafuso e o furo, quando o parafuso é introduzido no lugar.

Um ajustamento forte (*tight-drive*), por exemplo, necessita de pequenas batidas com um martelo de 12 a 14 onças, para introduzir o parafuso.

Um parafuso que requeira uma pancada firme e permaneça apertado, é considerado justo, demais. Um ajustamento leve (*light-drive*), fará com que um parafuso seja introduzido, entretanto, apenas o peso do martelo sobre a cabeça do parafuso é o suficiente para movê-lo.

Práticas de instalação

Examine as marcações das cabeças dos parafusos para determinar o material correto de cada parafuso. É de extrema importância usar parafusos iguais nas substituições, e em todos os casos, recorrer ao Manual de Manutenção e ao Manual de Partes aplicáveis. Esteja certo de que as arruelas estão colocadas sob a cabeça dos parafusos e porcas. Uma arruela protege, contra danos mecânicos, o material que está sendo aparafusado e evita a corrosão dos membros estruturais.

Uma arruela de liga de alumínio deverá ser usada sob a cabeça e a porca de um parafuso de aço, quando fixando peças de liga de alumínio ou de liga de magnésio.

Se ocorrer alguma corrosão, a arruela será atacada antes das peças. Arruelas de aço de-

verão ser usadas, quando unindo peças de aço, com parafusos também de aço.

Sempre que possível, o parafuso deverá ser colocado com a cabeça para cima ou para frente. Este posicionamento impede que o parafuso saia da posição no caso da perda da porca.

Esteja certo de que o pescoço do parafuso (parte do corpo do parafuso sem fios de rosca) tem o comprimento correto. Geralmente, o pescoço do parafuso deve ser igual a espessura do material que está sendo aparafusado. Porém, parafusos de pescoço, ligeiramente maior, podem ser usados, se forem colocadas arruelas sob a porca e sob a cabeça do parafuso. No caso de arruelas planas, adicione calços (*shims*) sob as arruelas.

Frenagem de parafusos e porcas

É muito importante que todos os parafusos e porcas, exceto as do tipo autofreno, sejam frenadas após a instalação. Métodos de frenagem serão apresentados em capítulos posteriores.

TORQUE E TORQUÍMETROS

Quando a velocidade de uma aeronave aumenta, cada membro estrutural torna-se cada vez mais sujeito à tensão. Por este motivo é extremamente importante que cada parte suporte, nem mais nem menos do que a carga, para a qual foi designada. Com a finalidade de distribuir a carga, com toda segurança através de uma estrutura, é necessário que o torque adequado seja aplicado em todas as porcas, parafusos e prisioneiros. Usando o torque apropriado permitirá que a estrutura desenvolva a resistência designada e reduzirá a possibilidade de falha devido à fadiga.

Torquímetros

Os três torquímetros mais utilizados são: barra flexível, estrutura rígida e estrutura de catraca (Figura 6-12).

Quando usando o torquímetro de barra flexível ou o de estrutura rígida, o valor do torque é lido visualmente no mostrador ou escala montada no punho do torquímetro.

Para usar o do tipo catraca, solte a trava e ajuste na escala tipo micrômetro do punho, a tensão desejada; e recoloque a trava. Instale a soquete ou o adaptador adequado no local próprio do torquímetro.

Coloque o conjunto sobre a porca ou parafuso e puxe o punho, no sentido dos ponteiros do relógio, com um movimento suave, porém, firme. Um movimento rápido ou aos trancos resultará numa indicação incorreta. Quando o torque aplicado atinge o valor solicitado na regulagem, o punho automaticamente libera a trava, percorrendo livre em uma pequena distância.

A liberação da trava é facilmente sentida, não deixando dúvidas de que a aplicação do torque foi completada. Para assegurar-se de que a correta quantidade de torque é aplicada nos parafusos e porcas, todas os torquímetros devem ser testados, pelo menos uma vez por mês, ou mais vezes se necessário.

Nota : Não é aconselhável o uso de extensão em um torquímetro do tipo barra flexível. Nos outros tipos de torquímetros, somente a extensão não causará efeito na leitura da indicação do torque.

O uso de uma extensão em qualquer tipo de torquímetro, deve ser feito de acordo com a fórmula da Figura 6-12.

Quando aplicando a fórmula, a força deve ser aplicada do punho do torquímetro no ponto do qual a medida foi tomada. Se isto não for feito, o torque obtido estará errado.

Tabelas de torque

A tabela padrão de torque deverá ser usada como um guia, no aperto de porcas, para-

fusos e prisioneiros, sempre que os valores dos torques não estejam especificados nos procedimentos de manutenção.

As seguintes regras são aplicáveis para o uso correto da tabela de torque da Figura 6-13:

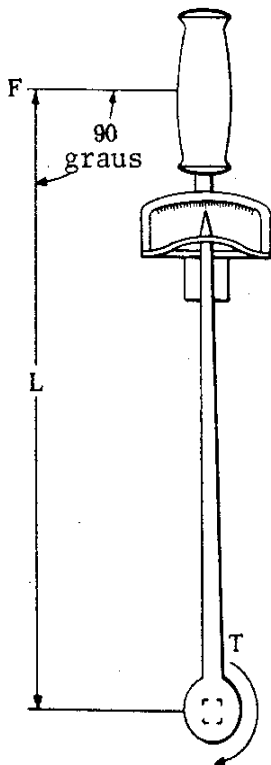
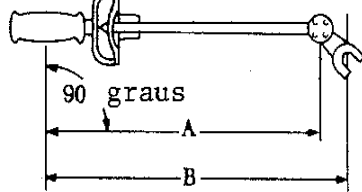
- A. Para obter os valores em libra/pé, divida as libras/polegadas por 12.
- B. Não lubrifique as porcas ou os parafusos, exceto para as partes de aço resistentes à corrosão, ou, quando houver instrução específica para este procedimento.
- C. Sempre aperte girando a porca em primeiro lugar, se possível. Quando a questão de espaço não permitir, aperte pela cabeça do parafuso, até uma medida próxima do valor de torque indicado. Não exceder o valor máximo de torque permitido.
- D. O valor máximo de torque deverá ser usado somente quando os materiais e superfícies a serem unidos forem suficientes em espessura, área e capacidade, que resistam à quebra, torção ou outros danos.
- E. Para porcas de aço resistentes à corrosão, use os valores de torque para as porcas do tipo cisalhamento.
- F. O uso de algum tipo de extensão em um torquímetro, modifica a leitura do mostrador, requerida para obter o valor corrigido na tabela padrão. Quando usando uma extensão, a leitura do torque deve ser computada usando a fórmula apropriada, contida no Manual, que acompanha o torquímetro.

Fórmula básica $F \times L = T$

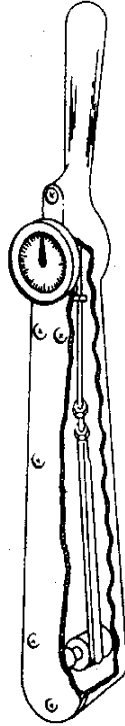
F= Força aplicada

L= Comprimento (Length) da haste, entre o centro de rotação e o centro de aplicação da força (F deve estar a 90º de L).

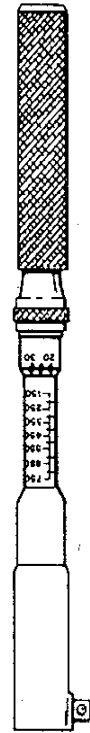
T= Torque.



BARRA FLEXÍVEL



ESTRUTURA RÍGIDA



CATRACA

Fórmula para uso com extensão: $T_w = \frac{T_e \times A}{B}$

"A": Comprimento da barra do torquímetro

"B": Comprimento da barra mais a extensão

"T_e": Torque requerido no parafuso

"T_w": Torque lido no mostrador do torquímetro

Figura 6-12 Torquímetro comuns.

Alinhamento do furo para contrapino

Quando apertando porcas casteladas em parafusos, o furo para contrapino pode estar desalinhado com a ranhura da porca ao atingir o valor de torque recomendado. Exceto em casos de partes do motor altamente fatigadas, a porca pode ser superapertada para permitir o alinhamento

da próxima ranhura com o furo do contrapino. As cargas de torque especificadas podem ser usadas para todas as porcas de aço com banho de cádmio, não lubrificadas, de rosca fina ou rosca grossa, as quais possuírem aproximadamente o mesmo número de fios de rosca e iguais áreas de contato. Estes valores não se aplicam quando forem especificadas medidas

especiais de torque no manual de manutenção. Se a cabeça do parafuso tiver que ser girada em vez da porca, os valores de torque podem ser aumentados em uma quantidade igual a fricção do parafuso, fazendo esta medição anteriormente com o torquímetro.

OUTROS TIPOS DE PARAFUSOS DE AVIAÇÃO (SCREWS)

Estes parafusos são os prendedores rosqueados mais usados nas aeronaves. Eles diferem dos parafusos já estudados (*BOLTS*) por serem fabricados de materiais menos resistentes. Eles podem ser instalados com uma rosca com folga e o formato da cabeça permite o encaixe de chaves de fenda ou de boca. Alguns destes parafusos têm claramente definida a parte do corpo sem rosca, enquanto outros, possuem fios de rosca em todo o seu comprimento.

Diversos tipos destes parafusos para uso em estruturas diferem dos parafusos padrão somente no estilo da cabeça. O material de que são fabricados é o mesmo e possuem o pescoço (parte sem rosca) bem definido. O AN 525 com arruela fixa na cabeça e a série NAS 220 até o NAS 227 são desses parafusos.

Os parafusos mais usados desta classe estão divididos em três grupos:

1. Parafusos para estruturas - os quais têm a mesma resistência e medidas iguais as dos parafusos comuns (*BOLTS*);
2. Parafusos de máquina - a maioria dos parafusos utilizados em reparos gerais;
3. Parafusos de rosca soberba - aqueles utilizados para fixar pequenas partes.

Um quarto grupo, parafusos de encaixe, não são realmente parafusos, são pinos. Eles são colocados nas peças metálicas com um martelo ou macete e suas cabeças não possuem fendas ou encaixes.

Parafusos para estrutura

São feitos de liga de aço, termicamente tratados, e podem ser usados como um parafuso padrão. Eles pertencem as séries NAS 204 até NAS 235, AN 509 e AN 525. Eles têm um aperto definido e uma resistência ao cisalhamento semelhante a dos parafusos comuns da mesma medida.

As tolerâncias são semelhantes as dos parafusos AN de cabeça sextavada e a rosca é do tipo filete fino (*National Fine*). Os parafusos para estruturas têm cabeça redonda, chata e escareada. Os parafusos com encaixe na cabeça são girados, ou por chaves *Phillips*, ou *Reed and Prince*.

O parafuso AN 509 (100°) de cabeça plana, é usado em orifícios escareados, quando for necessária uma superfície plana.

O parafuso AN 525 de arruela fixa é usado onde as cabeças protuberantes não causam problemas. É um parafuso que oferece uma grande área de contato.

Parafusos de máquina

São os fornecidos com cabeça redonda, escareada e de arruela fixa. Estes parafusos são para uso geral e são fabricados de aço de baixo carbono, latão, aço resistente a corrosão e de liga de alumínio.

Os parafusos de cabeça redonda AN 515 e AN 520, têm a cabeça com fenda ou cruz. O AN 515 tem rosca grossa e o AN 520, rosca fina.

Os parafusos de máquina escareados, são relacionados como: AN 505 e AN 510 com o ângulo da cabeça de 82°; e o AN 507 de 100°. Os AN 505 e AN 510 são semelhantes quanto ao material e o uso dos de cabeça redonda AN 515 e AN 520.

Os parafusos de cabeça cilíndrica AN 500 até AN 503, são de uso geral e utilizados em tampas de mecanismos leves, como por exemplo coberturas de alumínio de caixas de engrenagens.

Os parafusos AN 500 e AN 501 são fornecidos em aço de baixo carbono, aço resistente à corrosão e latão. O AN 500 possui rosca grossa enquanto o AN 501 tem rosca fina. Eles não têm definida a parte do corpo sem rosca (pescoço). Os parafusos acima do nº 6 têm um furo na cabeça para frenagem.

Os parafusos AN 502 e AN 503 de cabeça cilíndrica são de liga de aço, com tratamento térmico, têm o pescoço curto e são fornecidos com rosca fina e rosca grossa. Estes parafusos são usados onde é requerida grande resistência. Os de rosca grossa são, normalmente, usados como parafusos de fixação de tampas de liga de alumínio e magnésio, fundidos, em virtude da fragilidade do metal.

Medida dos parafusos e prisioneiros		Valores de torque em lbs/pol para aperto de porcas			
		Em parafusos e prisioneiros padronizados tendo a resistencia a tensao de 125000 a 140000 p.s.i.		Em parafusos e prisioneiros com resistencia a tensao 140000 a 160000	Em parafusos e prisioneiros de alta tensao, resist.a tensao de 160000 p.s.i. e acima.
		Porcas tipo cizalhamento, AN320, AN364 ou equivalente.	Porcas tipo tensao fixando partes de maquina (AN310 AN365 ou equiv.	Qualquer porca, exceto tipo cizalhamento (Shear).	Qualquer porca exceto do tipo cizalhamento.
8-32	8-36	7-9	12-15	14-17	15-18
10-24	10-32	12-15	20-25	23-30	25-35
1/4-20		25-30	40-50	45-49	50-68
	1/4-28	30-40	50-70	60-80	70-90
5/16-18		48-55	80-90	85-117	90-144
	5/16-24	60-85	100-140	120-172	140-203
3/8-16		95-110	160-185	173-217	185-248
	3/8-24	95-110	160-190	175-271	190-351
7/16-14		140-155	235-255	245-342	255-428
	7/16-20	270-300	450-500	475-628	500-756
1/2-13		240-290	400-480	440-636	480-792
	1/2-20	290-410	480-690	585-840	690-990
9/16-12		300-420	500-700	600-845	700-990
	9/16-18	480-600	800-1,000	900-1,220	1,000-1,440
5/8-11		420-540	700-900	800-1,125	900-1,350
	5/8-18	660-780	1,100-1,300	1,200-1,730	1,300-2,160
3/4-10		700-950	1,150-1,600	1,380-1,925	1,600-2,250
	3/4-16	1,300-1,500	2,300-2,500	2,400-3,500	2,500-4,500
7/8-9		1,300-1,800	2,200-3,000	2,600-3,570	3,000-4,140
	7/8-14	1,500-1,800	2,500-3,000	2,750-4,650	3,000-6,300
1"-8		2,200-3,000	3,700-5,000	4,350-5,920	5,000-6,840
	1"-14	2,200-3,300	3,700-5,500	4,600-7,250	5,500-9,000
1 1/8-8		3,300-4,000	5,500-6,500	6,000-8,650	6,500-10,800
	1 1/8-12	3,000-4,200	5,000-7,000	6,000-10,250	7,000-13,500
1 1/4-8		4,000-5,000	6,500-8,000	7,250-11,000	8,000-14,000
	1 1/4-12	5,400-6,600	9,000-11,000	10,000-16,750	11,000-22,500

Figura 6-13 Tabela de torque padrão (lb-pol).

Parafusos de rosca soberba

Os parafusos de máquina, de rosca soberba, são relacionados como: AN 504 (de cabeça redonda) e AN 506 (cabeça escareada a 82°). Estes parafusos são usados para fixar peças removíveis; tais como, chapas de inscrição, peças fundidas e partes nas quais o próprio parafuso corta os fios de rosca.

Os parafusos AN 530 e AN 531 de rosca soberba, para chapas metálicas, tais como os parafusos *Parker-Kalon* tipo Z, para chapas metálicas, não têm ponta fina; e são usados em fixações temporárias de chapas metálicas, a serem rebitadas; e em fixações permanentes de conjuntos não estruturais. Parafusos de rosca soberba não devem ser usados como substitutos de parafusos padrão, porcas ou rebites.

Parafusos de encaixe (*drive screws*)

São parafusos AN 535 correspondentes ao *Parker-Kalon* tipo U. Eles têm a cabeça lisa, rosca soberba; e são usados para fixação de chapas de inscrição, em peças fundidas, na vedação de furos de dreno e em estruturas tubulares à prova de corrosão.

Não é prevista a remoção destes parafusos após a instalação.

Identificação e códigos

O sistema de códigos usado para identificar estes diferentes tipos de parafuso (screws), é semelhante ao usado para os bolts. Os do tipo NAS são parafusos para estruturas. Os números de parte 510, 515, 520, e assim por diante, classificam os parafusos em classes; tais como, cabeça redonda, cabeça plana, cabeça com arruela fixa, e etc. Letras e números indicam o material de sua composição, comprimento e diâmetro. Exemplos de códigos AN e NAS, são dados a seguir:

AN501B - 416-7

AN = Padrão *Air Force - Navy*

501 = Cabeça cilíndrica, rosca fina

B = Latão

416 = 4/16" de diâmetro

7 = 7/16" de comprimento

A letra "D" no lugar de "B", indica que o material é de liga de alumínio 2017-T. A letra

"C", indica aço resistente à corrosão. Uma letra "A", colocada antes do código do material, indica que a cabeça do parafuso é furada para frenagem.

NAS 144DH - 22

NAS = *National Aircraft Standard*

144 = Tipo de cabeça; diâmetro e rosca. parafuso de 1/4"-28, com encaixe interno para ferramenta.

DH = cabeça com furo para frenagem

22 = comprimento em 16 avos da polegada - 22/16" = 1 3/8"

O número básico, NAS, identifica a parte. As letras em sufixo, e os números separados por traços, identificam os diferentes tamanhos, camada protetora do material, especificações da furação, etc. Os números, após os traços e as letras em sufixo, não obedecem a um padrão. Algumas vezes é necessário consultar os manuais específicos para a legenda.

REPAROS EM ROSCAS INTERNAS

Instalação ou remoção de parafusos são tarefas simples, comparadas com a instalação ou remoção de prisioneiros. As cabeças dos parafusos e das porcas são instaladas externamente, enquanto que, os prisioneiros são instalados em roscas internas.

As roscas, danificadas em parafusos ou porcas, são facilmente identificadas, e só requerem a substituição da parte danificada. Quando roscas internas se danificam, existem duas alternativas: a substituição da peça e o reparo, ou a substituição da rosca.

A recuperação da rosca danificada, é normalmente, o recurso mais barato e mais conveniente. Os dois métodos de reparo são: substituição de buchas e instalação de roscas postiças *Heli-Coils*.

Substituição de buchas

As buchas são materiais de uso especial (buchas de aço ou latão na cabeça dos cilindros para colocação das velas). São materiais resistentes ao desgaste do uso, onde é freqüente a substituição. A rosca externa é, normalmente, de filetes grossos. Quando a bucha é instalada, um produto de vedação pode ou não ser usado, para evitar perdas. Muitas buchas têm rosca esquerda na parte externa e rosca direita na interna. Com

esta providência, a remoção do parafuso ou prisioneiro (com rosca direita), tende a apertar o embuchamento.

Buchas para instalações comuns, como velas de ignição, podem ser supermedidas, acima de .040 (em incrementos de .005). A instalação original e a substituição em oficinas de revisão geral, são efetuadas com tratamento antagônico de temperatura, isto é, a cabeça do cilindro é aquecida e a bucha é congelada.

Rosca postiça *heli-coil*

É um arame de aço inoxidável 18-8, de seção rômica, enrolado com rigorosa precisão, em forma de mola helicoidal (fig. 6-14).

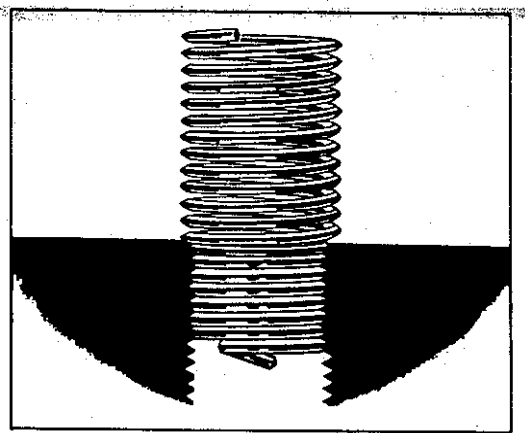


Figura 6-14 Rosca postiça “*Heli-coil*”.

Após inserido em um furo rosqueado, devidamente preparado, a rosca postiça *Heli-coil* constitui uma rosca fêmea calibrada (*Unified Coarse* ou *Unified Fine*, classes 2-3B), correspondente ao diâmetro nominal da rosca desejada, em perfeita obediência às dimensões e tolerâncias estabelecidas pelo sistema de rosca correspondente (métrico ou polegada). O conjunto instalado acomoda peças com rosca externa. Cada rosca postiça tem um pino de arrasto com um entalhe, para facilitar a remoção do pino, depois que a rosca postiça estiver instalada no furo rosçado.

Elas são usadas como uma bucha. Além de serem usadas para restaurar roscas danificadas, elas são usadas em projetos originais de mísseis, motores de aeronaves e todo o tipo de equipamentos mecânicos e seus acessórios, para proteger e fortalecer o rosqueamento interno de materiais frágeis, metais e plásticos, particularmente, em locais que requerem freqüentes mon-

tagens e desmontagens, e/ou, onde uma ação de frenagem de parafuso é desejada.

Instalação da rosca postiça

A instalação consiste em uma seqüência de 5 a 6 itens (Figura 6-15), dependendo de como o quinto item for classificado, descarta-se o sexto item.

As seguintes instruções do fabricante deverão ser seguidas durante a instalação:

- 1 Determinar quais as roscas que estão danificadas.
- 2
 - a) Em novas instalações da rosca postiça, broquear a rosca danificada para a profundidade mínima especificada.
 - b) Com *Heli-Coil* previamente instalada, usando o extrator no tamanho adequado, colocar a borda da lâmina a 90° da borda do conjunto. São dadas pequenas pancadas com o martelo, para assentar a ferramenta; girando para a esquerda, com pressão, até remover o conjunto. Os fios de rosca não ficarão danificados se o conjunto for removido corretamente.
- 3 **Abridor de rosca** - Use o abridor de rosca macho, na medida requerida. O procedimento de abrir rosca é o padronizado. O comprimento da parte rosqueada deve ser igual ou maior do que o requerido.
- 4 **Medidor** - Os fios de rosca devem ser verificados com um medidor de rosca *Heli-Coil*.
- 5 **Instalação do conjunto *Heli-Coil*** - Usando a ferramenta adequada, instalar o conjunto até uma profundidade que permita que o final superior da espiral fique de 1/4 a 1/2 espira abaixo da superfície do furo.
- 6 **Remoção do pino de arrasto** - Selecione a ferramenta própria para a quabra do pino de arrasto. Os pinos devem ser removidos em todos os furos passantes. Nos furos cegos os pinos de arrasto podem ser removidos quando necessário se o furo tiver profundidade bastante por baixo do pino do conjunto instalado.

Estas instruções não são consideradas como específicas para instalação de roscas postiças do tipo *Heli-Coil*. Para instalar um conjunto de roscas postiças, devem ser seguidas as instruções fornecidas pelo fabricante.

As roscas postiças *Heli-Coil* são fornecidas com os seguintes tipos de roscas: grossa, fina, métrica, de vela de ignição e *National Taper Pipe*.

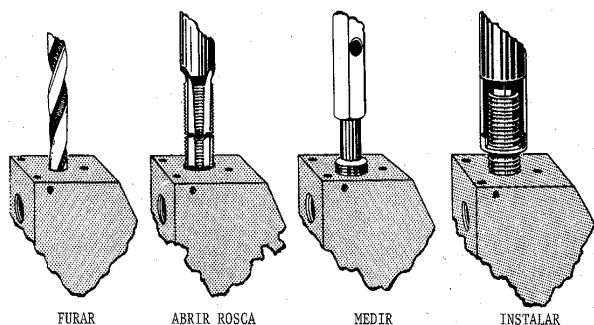


Figura 6-15 Instalação da rosca postiça.

REPARO COM LUVAS ACRES

Luvax prendedoras acres são elementos tubulares, de parede fina, com a cabeça em ângulo para furos escareados. As luvax são instaladas em furos destinados a parafusos padrão e rebites.

O furo existente deve ser supermedido em 1/16" para a instalação da luva. As luvax são fabricadas em incrementos de polegada. Ao longo do seu comprimento, ranhuras proporcionam locais para a quebra ou o corte do excesso do comprimento, para a medida exata. As ranhuras proporcionam também um espaço para manter o adesivo ou selante quando colando a luva no furo.

Vantagens e limitações

As luvax são usadas em orifícios que possam ser supermedidos em 1/64", para remoção de corrosão ou outros danos. O orifício supermedido, com a luva instalada, permite o uso de um prendedor de diâmetro original, no orifício já reparado.

As luvax podem ser usadas em áreas de alta corrosão galvânica, desde que esta corrosão esteja em uma parte que possa ser prontamente removida. O alargamento do furo reduz a espessura da seção em corte do local e

só deverá ser efetuado quando absolutamente necessário. O fabricante da aeronave, do motor ou dos componentes, deverá ser consultado antes que o reparo dos orifícios danificados seja efetuado com as luvax acres.

Identificação

As luvax são identificadas por um código padronizado de números (Figura 6-16A), que representam o tipo, o formato, o código do material, o diâmetro do corpo, a letra código do acabamento e o aperto da espiga da luva. O tipo e o material da luva são representados pelo número básico do código.

O primeiro número, após o traço, representa o diâmetro da luva para o prendedor a ser instalado (parafuso, rebite etc), e o número após o segundo traço representa o comprimento da luva.

O comprimento da luva é determinado na instalação, e o excesso é cortado. Uma luva JK5512A-O5N-10 tem a cabeça com perfil baixo, ângulo de 100°, e o material é de liga de alumínio. O diâmetro é para um parafuso ou rebite de 5/32", a superfície não tem acabamento e o seu comprimento é de 5/8".

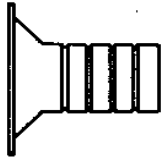


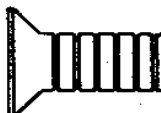


Preparação do furo

Veja na Figura 6-16B o número da broca para o furo padrão ou para a aproximação. Após feito, inspecione o furo, para assegurar-se de que toda a corrosão foi removida, antes da instalação da luva. O furo deve estar também com o contorno perfeito e sem rebarbas. O escareado deve ser aumentado para receber a parte chanfrada da luva de modo que ela fique no mesmo plano da superfície.

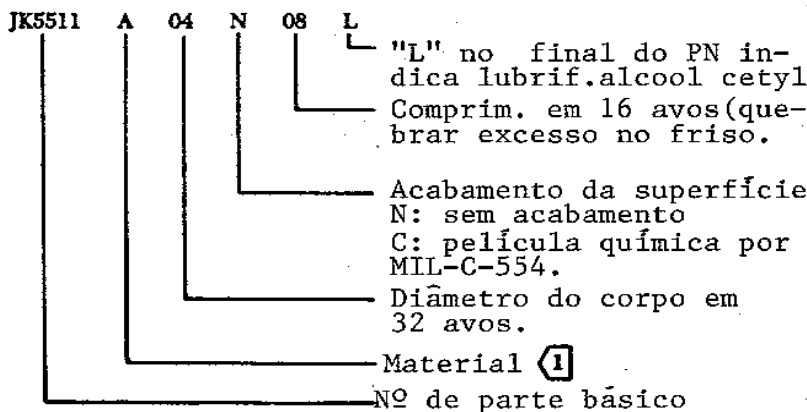
Instalação

Depois que o tipo correto e o diâmetro da luva forem selecionados, use a ferramenta 6501, para cortar o excesso da luva no final da instalação.

A luva pode ser instalada no furo, com ou sem, selante. Quando instalado com selante, use o MIL-S-8802A1/2. Reinstale o prendedor (parafuso, rebite etc), na medida original, e aplique o torque previsto.

LUVAS ACRES	TIPO	Nº de parte básico
	100º 509 Tensão Cabeça mais Flange	JK5610
	Cabeça redonda (Shear)	JK5511
	100º Cabeça de perfil baixo	JK5512
	100º Perfil padrão da cabeça (tipo 509)	JK5516
	Cabeça redonda (tensão)	JK5517
	100º Cabeça de tensão supermedida (paraf. 1/64")	JK5533

LUVA	PARA MEDIDA	LUVA COMPRIM.
JK5511()04 (X) JK5512()04 (X) JK5516()04 (X) JK5517()04 (X)	1/8	8
JK5511()45 (X) JK5512 JK5516()45 (X) JK5517()45 (X)	#6	8
JK5511()05 (X) JK5512()05 (X) JK5516()05 (X) JK5517()05 (X)	5/32	10
JK5511()55 (X) JK5512()55 (X) JK5516()55 (X) JK5517()55 (X) JK5610()55 (X)	#8	10
JK5511()06 (X) JK5512()06 (X) JK5516()06 (X) JK5517()06 (X) JK5610()06 (X)	#10	12
JK5511()08 (X) JK5512()08 (X) JK5516()08 (X) JK5517()08 (X) JK5610()08 (X)	1/4	16
JK5511()10 (X) JK5512()10 (X) JK5516()10 (X) JK5517()10 (X) JK5610()10 (X)	5/16	16
JK5511()12 (X) JK5512()12 (X) JK5516()12 (X) JK5517()12 (X) JK5610()12 (X)	3/8	16



LUVA PN Nº	PARA MEDIDA ①	LUVA COMPRIM. ②
JK5533()06 (X)	13/64	12
JK5533()08 (X)	17/64	16
JK5533()10 (X)	21/64	16
JK5533()12 (X)	25/64	16

NOTAS:

- ① Luvas Acres JK 5533 1/64" superm. apenas em aço A286.
- ② O comprim. das luvas Acres é em 16 avos da polegada.

MATERIAL	CÓDIGO
5052 Liga de al. (1/2 duro)	A
6061 Liga de al. (cond. T6)	B
A286 Aço Inox. ("passivate")	C

Figura 6-16A Identificação das luvas ACRES.

PREPARAÇÃO DO FURO PARA PARAFUSO SUPERMEDIDO 1/64"

MEDIDA PARAFUSO	BROCA Nº	DIAM. FURO
13/64	7/32	0.2187
17/64	9/32	0.2812
21/64	11/32	0.3437
25/64	13/32	0.4062

PREPARAÇÃO DO FURO

MEDIDA DO PARAFUSO	PADRÃO		TOLERÂNCIA	
	BROCA Nº	DIAM. FURO	BROCA Nº	DIAM. FURO
1/8	9/64	0.1406	28	0.1405
#6	23	0.1540	24	0.1520
5/32	11/64	0.1719	18	0.1695
#8	15	0.1800	16	0.1770
#10	5	0.2055	6	0.2040
1/4	14	0.2660	17/64	0.2656
5/16	21/64	0.3281		
3/8	25/64	0.3908		

INSTALAÇÃO

- A-FURE PARA REMOVER A CORROÇÃO OU DANOS, SUPERMEDIDO EM 1/64".
- B-SELECIONE A LUVA ACRES PARA O TIPO E TAMANHO DO PARAFUSO.
- C-COLE A LUVA NO ORIFÍCIO DA ESTRUTURA COM SELANTE MIL-5-8802 CLASSE A 1/2.

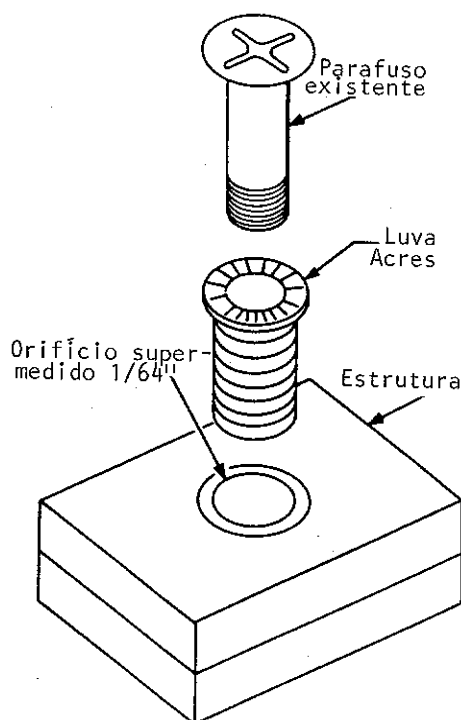


Figura 6-16B Identificação das luvas ACRES.

Remoção da luva

As luvas sem selante podem ser removidas, usando-se um pino com a medida externa da luva, ou então deformando a luva e removendo-a com uma ferramenta pontiaguda. As luvas com selante podem ser removidas por este método, porém, muito cuidado deve ser tomado para não danificar estrutura do furo.

Se este método não puder ser utilizado, broqueie a luva com uma broca, com 0.004 a 0.008 à menos do que a broca que abriu o furo para instalar a luva.

A porção remanescente da luva pode ser removida usando uma ferramenta pontiaguda e aplicando um solvente para a remoção do selante.

PRENDEDORES DE ABERTURA RÁPIDA

São prendedores usados para fixar janelas de inspeção, portas e outros painéis removíveis da aeronave. São conhecidos também pelos termos: rápida ação, trava rápida e prendedores

para painéis trabalhantes. A mais desejável aplicação para estes prendedores é permitir a rápida remoção de painéis de acesso, para inspeção e serviços.

Estes prendedores são fabricados e supridos por vários fabricantes e sob várias marcas registradas. Os mais comuns são: *Dzus*, *Camloc* e *Airloc*.

Prendedores Dzus

Consiste em um pino prisioneiro, um ilhós e um receptáculo. A Figura 6-17 ilustra as diversas partes que compõem a instalação de um Dzu.

O ilhós é feito de alumínio ou liga de alumínio. Ele atua como um dispositivo de fixação do pino prisioneiro. Os ilhoses podem ser fabricados de tubulações de alumínio 1100, se não forem encontrados através do fornecimento normal.

A mola é feita de aço, com banho de cádmio para evitar corrosão, e fornece a força que trava ou prende o pino no lugar, quando os dois conjuntos são unidos.

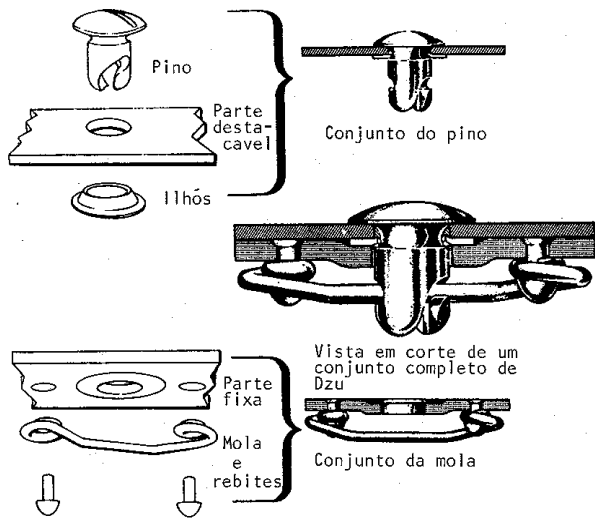


Figura 6-17 Prendedores Dzus.

Os pinos prisioneiros são fabricados de aço e banhados com cádmio. São fornecidos com três tipos de cabeças: borboleta, plana ou oval. O diâmetro do corpo, o comprimento e o tipo de cabeça podem ser identificados ou determinados pelas marcas na cabeça do pino prisioneiro (Figura 6-18). O diâmetro é sempre medido em 16 avos de polegada. O comprimento do prisioneiro é medido em centésimos de polegada, que é a distância da cabeça até a parte inferior do orifício para a mola.

Um quarto de volta do prisioneiro (no sentido dos ponteiros do relógio), trava o prendedor. O prendedor somente pode ser destravado girando-se o pino prisioneiro no sentido contrário dos ponteiros do relógio. Os Dzus são, travados ou destravados, com uma chave de fenda comum ou uma chave especial para Dzus.

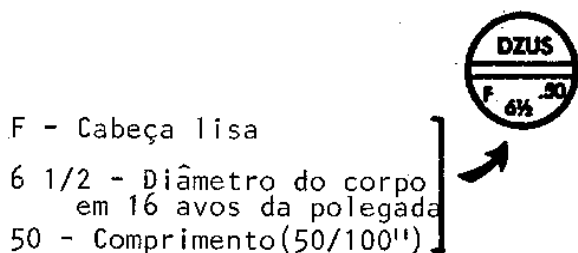


Figura 6-18 Identificação de Dzus.

Prendedores Camloc

São feitos em uma variedade de estilos e formatos. Os mais utilizados são os das séries 2600, 2700, 40S51 e 4002, na linha regular, e os prendedores de painéis trabalhantes na linha de trabalho pesado. Estes últimos são usados em

painéis trabalhantes que suportam cargas estruturais.

O prendedor *Camloc* é usado para prender coberturas e carenagens da aeronave. Ele consiste de três partes: um conjunto prisioneiro, um ilhós e um receptáculo. Dois tipos de receptáculos são fornecidos: o rígido e o flutuante. A Figura 6-19 mostra o prendedor *Camloc*.

O prisioneiro e o ilhós são instalados na parte removível, enquanto o receptáculo é rebitado na estrutura da aeronave. O conjunto prisioneiro e o ilhós são instalados em orifícios planos, mameados, escareados ou rebaixados, dependendo da localização e da espessura do material envolvido.

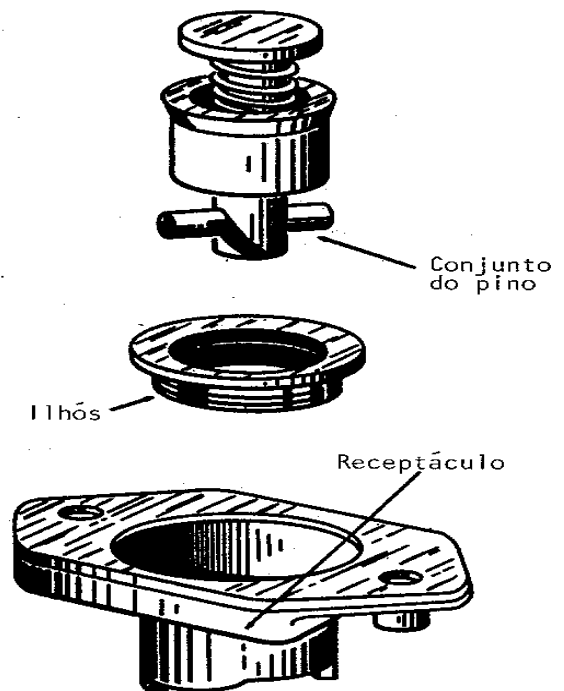


Figura 6-19 Prendedor *Camloc*.

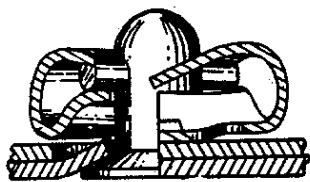
Um quarto de volta (no sentido dos ponteiros do relógio) do prisioneiro, trava o prendedor, e ele somente será destravado quando girado no sentido contrário dos ponteiros do relógio.

Prendedores Airloc

Os prendedores *Airloc* mostrados na Figura 6-20 consistem de três partes: um prisioneiro, um pino e um receptáculo. O prisioneiro é feito de aço cimentado para evitar o desgaste excessivo. O orifício do prisioneiro é ajustado para fixar o pino sob pressão.

A espessura total do material que será fixado com o *Airloc* deve ser conhecida antes de

selecionar o comprimento do prisioneiro que será instalado. A espessura do material que cada prisioneiro poderá fixar está estampada na cabeça do prisioneiro em milésimos de polegada (.040, .070, .190, etc). Os prisioneiros são manufaturados em três estilos de cabeça: lisa, oval e borboleta.



Prendedor instalado



Receptáculos do pino

Pinos



Pinos de travamento

Figura 6-20 Prendedor *Airloc*.

O pino (Figura 6-20), é manufaturado de aço cromo-vanádio, e com tratamento térmico para proporcionar um máximo de resistência, utilização e conservação de força. Ele nunca deverá ser usado uma segunda vez. Tendo sido removido, deverá ser substituído por um novo. Os receptáculos para os prendedores *airloc* são fabricados nos tipos rígidos e flutuantes.

Os tamanhos são classificados por números: nº 2, nº 5 e nº 7. Eles são também classificados pela distância entre os furos dos rebites que fixam o receptáculo: nº 2, 3/4"; nº 5, 1" e nº 7, 1 3/8". Os receptáculos são fabricados em aço de alto índice de carbono, com tratamento térmico. O encaixe superior, tipo borboleta assegura a ejeção do prisioneiro, quando ele for destravado, e permite ao pino ser mantido na posição travado, entre a borboleta superior, o ressalto e o batente, independente da tensão para a qual o receptáculo está subordinado.

CABOS DE COMANDO

Cabos são os meios mais amplamente utilizados para acionamento das superfícies primárias dos controles de vôo. Comandos através de cabos são também utilizados nos controles de motores, sistemas de extensão, em emergência do trem de pouso, e vários outros sistemas das aeronaves.

Os comandos, por meio de cabos, têm muitas vantagens sobre os outros tipos. Ele é forte, de pouco peso, e sua flexibilidade torna fácil sua rota através da aeronave. Um cabo de comando tem uma alta eficiência, e pode ser acionado sem folga, tornando-o de muita precisão nos controles.

As ligações com cabos têm também algumas desvantagens. A tensão deve ser ajustada freqüentemente com o esforço e as variações de temperatura. Os cabos de controle de aeronaves são fabricados de aço carbono ou aço inoxidável.

Construção de cabos

O componente básico de um cabo é o arame. O diâmetro do arame determina o diâmetro total do cabo. Um número de arames são preformados em uma forma helicoidal ou espiral antes, de sua adaptação no cabo, e podem ser desenroladas independentes. As designações de um cabo são baseadas no número de pernas e no número de fios em cada perna. Os cabos mais comuns usados em aeronaves são o 7x7 e o 7x19.

O cabo 7x7 consiste de sete pernas de sete fios, cada uma. Seis destas pernas são enroladas em torno de uma perna central (veja na Figura 6-21). Esse é um cabo de média flexibilidade e é usado para comando de compensadores, controle dos motores e comando de sistemas de indicação.

O cabo 7x19 é feito de sete pernas de dezenove fios, cada um. Seis dessas pernas são enroladas em torno de uma perna central (veja na Figura 6-21). Esse cabo é extremamente flexível, e é usado nos sistemas primários de comando, e em outros locais, onde, a ação sobre roldanas é freqüente.

Os cabos de comando de aeronaves variam em diâmetro, que variam de 1/16" a 3/8". O diâmetro de um cabo é medido como mostra a Figura 6-21.

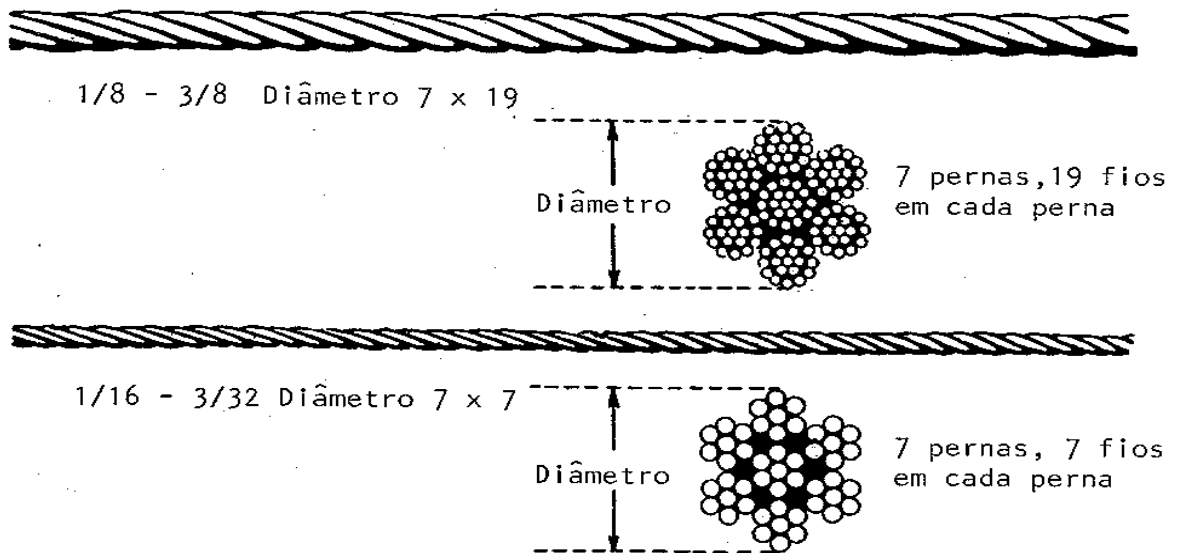


Figura 6-21 Seção em corte de cabo de comando.

As designações de um cabo são baseadas no número de pernas e no número de fios em cada perna. Os cabos mais comuns usados em aeronaves são o 7x7 e o 7x19.

O cabo 7x7 consiste de sete pernas de sete fios, cada uma. Seis destas pernas são enroladas em torno de uma perna central (veja na Figura 6-21). Esse é um cabo de média flexibilidade e é usado para comando de compensadores, controle dos motores e comando de sistemas de indicação.

O cabo 7x19 é feito de sete pernas de dezenove fios, cada um. Seis dessas pernas são enroladas em torno de uma perna central (veja na Figura 6-21).

Esse cabo é extremamente flexível, e é usado nos sistemas primários de comando, e em outros locais, onde, a ação sobre roldanas é frequente.

Os cabos de comando de aeronaves variam em diâmetro, que variam de 1/16" a 3/8". O diâmetro de um cabo é medido como mostra a Figura 6-21.

Terminais de cabos

Os cabos podem ser conectados com diversos tipos de terminais, sendo os mais utilizados os do tipo prensado, com formato de bola, garfo, rosqueado e outros.

O terminal rosqueado, o em garfo e o em olhal são usados para conectar o cabo a um esticador, uma articulação ou outra ligação do sistema.

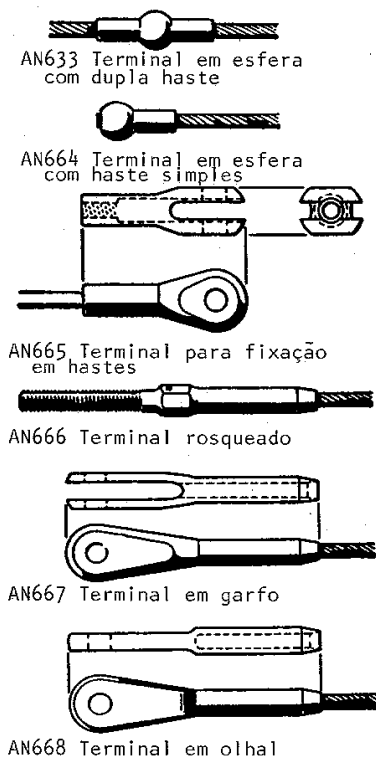


Figura 6-22 Tipos de terminais de cabos de comando.

O terminal em esfera é usado para ligação de cabos em quadrantes e conexões especiais, quando o espaço é limitado. A Figura 6-22 ilustra os diferentes tipos de terminais.

Os terminais sapatilha "*bushing* e *shackle*", podem ser utilizados no lugar de alguns tipos de terminais.

Quando as condições de suprimento forem limitadas e a substituição do cabo tenha que ser feita imediatamente.

Esticadores

Um esticador é um mecanismo formado por dois terminais roscados, e uma peça intermediária, que, ao ser girada em um sentido, tende a separar os terminais. Em outra direção, tende a junta-los, possibilitando assim, a regulação da tensão dos cabos de comando ligados aos terminais. Um dos terminais possui rosca esquerda e o outro rosca direita. A peça central possui rosca esquerda de um lado e direita do outro, sendo ambas internas.

Quando instalando um esticador, em um sistema de controle, é necessário atarrachar ambos os terminais em igual número de voltas na parte central. É também essencial, que após a introdução dos terminais, na parte central, fiquem expostos, no máximo, três fios de rosca em cada terminal (ver Figura 6-23).

O tamanho correto e o tipo dos esticadores (longo ou curto), deve ser observado por ocasião de cada instalação de cabo. Deve ser observado o estado dos fios de rosca** e a sua lubrificação. As roscas, esquerda e direita, devem ser verificadas quanto ao sentido correto e o tipo de terminal do cabo correspondente, de acordo com os desenhos; devem ser lubrificadas, segundo as especificações da fábrica; todo o excesso de lubrificante deverá ser removido. Após a regulação, o esticador deverá ser frenado. Os métodos de frenagem serão vistos em capítulo posterior.

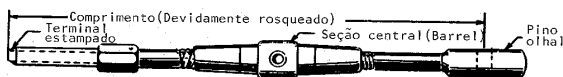


Figura 6-23 Conjunto típico de esticador.

CONEXÕES RÍGIDAS DE CONTROLE

São tubos, utilizados como ligação, em vários tipos de sistemas, operados mecanicamente. Este tipo de ligação elimina o problema de tensão e permite a transferência, tanto de compressão como de tração, por meio de um simples tubo.

Um conjunto de conexão rígida consiste de um tubo de liga de alumínio ou aço, com um terminal ajustável, e uma contraporca em cada extremidade (Figura 6-24).

As contraporcas fixam os terminais, depois que o conjunto tiver sido ajustado para o seu correto tamanho. As conexões rígidas são,

geralmente, feitas em pequenas seções, para evitar vibração e curvaturas, quando sob carga de compressão.

PINOS

Os três principais tipos de pinos usados em estruturas de aeronaves são: pino de cabeça chata e contrapino.

Os pinos são usados em aplicações cisa-lháveis e por segurança. Pinos cônicos têm tido sua aplicação aumentada em construção aeronáutica.

Pino cônico

Liso ou com rosca (AN385 e AN386), são usados em juntas que sofrem carga de cisalhamento, e quando a ausência de folga é essencial.

O pino liso é furado e usualmente frenado com arame. O com rosca é usado com aruela (AN975) e porca (contrapinada) ou porca auto-freno.

Pino de cabeça chata

Normalmente chamado de pino Clevis, o (MS20392) é usado em terminais de tirantes e controles secundários os quais não estejam sujeitos a contínuas operações.

O pino deve ser instalado com a cabeça para cima, como prevenção, para o caso de perda ou falha do contra-pino, garantindo a permanência do pino no seu devido lugar.

Contra-pino

O (AN380) contra-pino de aço de baixo-carbono e banhado com cádmio é usado na frenagem de parafusos, porcas, outros pinos e em várias aplicações, quando a segurança se faz necessária. O AN381 é um contra-pino de aço resistente à corrosão, usado em locais onde é requerido material não magnético, ou em locais onde a resistência a corrosão é necessária.

Rollpins

É um pino colocado sob pressão e com as pontas chanfradas, tem a forma tubular e cortado em todo o seu comprimento. O pino é colocada no lugar por meio de ferramentas manuais, sendo comprimido e girado na posição.

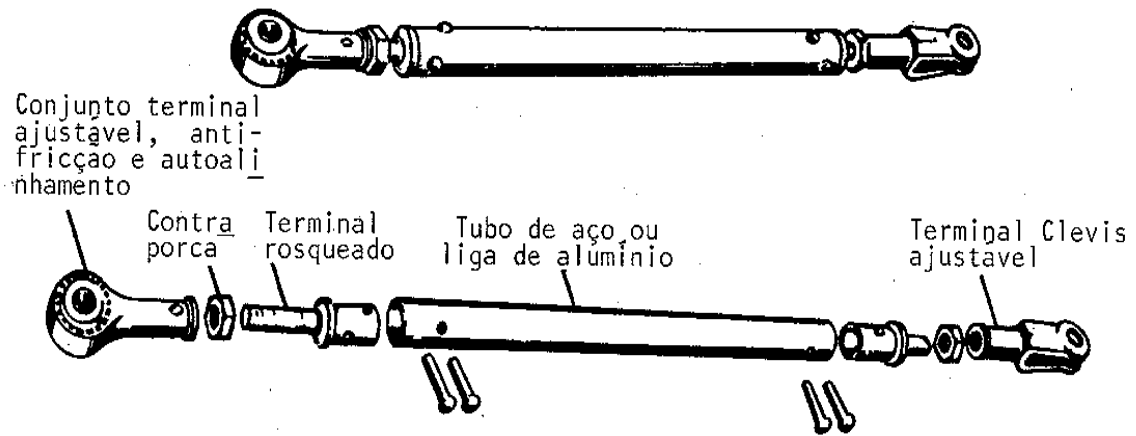


Figura 6-24 Conjunto de haste rígida de comando.

A pressão exercida pelo pino nas paredes do orifício é que o mantém fixo, até sua remoção com um punção de montagem ou com um toca-pino.

MÉTODOS DE SEGURANÇA

São os processos de segurança empregados em toda a aeronave em parafusos, porcas, pinos e outros elementos de fixação, os quais não podem trabalhar frouxos devido a vibração. É necessária uma familiarização, com os vários métodos e meios de frenagem do equipamento na aeronave, com a finalidade de executar a manutenção e inspeção.

Existem vários métodos de segurança para as partes de uma aeronave. Os mais utilizados são: arame de freno, contra-pinos, arruelas-freno, anéis de pressão e porcas especiais, como a auto-freno e contra-porca. Algumas dessas porcas e arruelas já foram apresentadas.

Frenagem com arame

É o mais positivo e satisfatório meio de segurança para bujões, prisioneiros, porcas, cabeças de parafuso e esticadores, os quais não podem ser frenados por outro processo mais prático.

É o método de frenar duas ou mais unidades, de tal maneira, que qualquer tendência de afrouxar uma delas será anulada pelo aperto do arame de freno.

Porcas e parafusos

Porcas e parafusos podem ser frenados com arame simples ou duplo torcido. O fio du-

plo torcido é o método mais utilizado em frenagem com arame.

O fio simples de arame pode ser usado em pequenos parafusos, em um espaço reduzido, próximos e geometricamente colocados, em partes do sistema elétrico, e em lugares de difícil acesso.

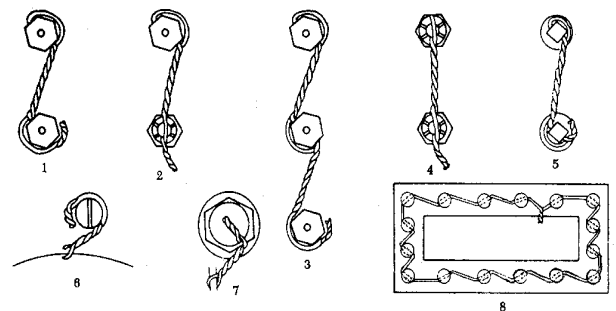


Figura 6-25 Métodos de frenagem com arame.

A Figura 6-25, é uma ilustração dos vários métodos, que são, normalmente usados na frenagem com arame de porcas e parafusos.

Um estudo cuidadoso da Figura 6-25 mostra que:

- a. Os exemplos 1, 2 e 5 ilustram o método próprio de frenagem de parafusos, plugues com cabeça quadrada, e partes semelhantes, quando frenadas aos pares;
- b. O exemplo 3, ilustra alguns componentes frenados em série;
- c. O exemplo 4, ilustra o método próprio, de frenagem de porcas, castelo e prisioneiros. (Observar que o arame não circunda a porca);

d. Os exemplos 6 e 7, ilustram um tipo simples de componente roscado, frenado à carcaça ou outro ponto de fixação.

e. O exemplo 8, ilustra vários componentes em espaço reduzido, geometricamente colocados, e usando um simples fio de arame na frenagem.

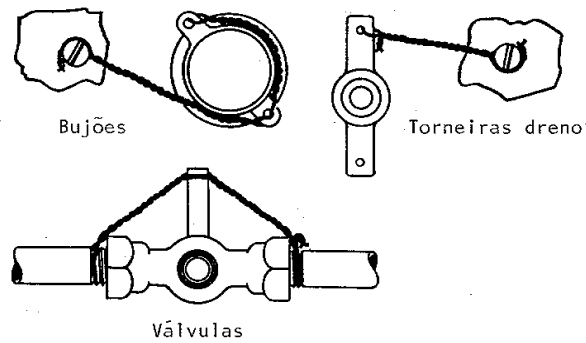


Figura 6-26 Frenagem com arame de bujões, drenos e válvulas.

Conectores elétricos

Sob condições de severa vibração, a porca de um conector pode vibrar se estiver solta e com suficiente vibração; o conector poderá soltar-se. Quando isto ocorre, o circuito alimentado pelos fios ficará interrompido. A proteção indicada, para evitar esta ocorrência, é a frenagem com arame, como mostra a Figura 6-27. A frenagem deve ser a mais curta possível e a tensão do arame deverá atuar no sentido do aperto de porca no plugue.

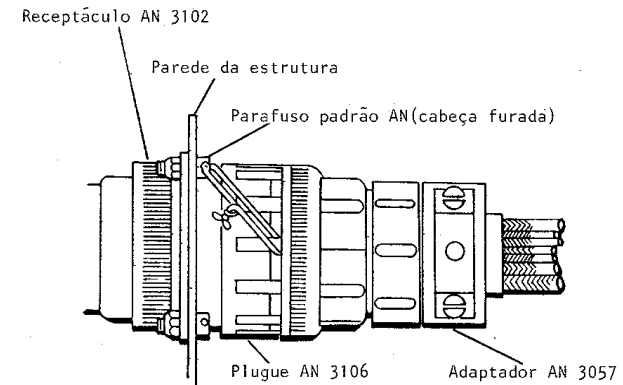


Figura 6-27 Frenagem de plugues conectores.

Esticadores

Após um esticador ter sido adequadamente ajustado, ele deverá ser frenado. Existem vários métodos de frenagem de esticadores, porém, somente dois deles serão aqui apresentados (Figura 6-28 A e B). O clip de travamento é o mais recente; o mais antigo é o que requer arame de freno, obedecendo a uma seqüência no enrolamento.

Quando frenando juntos parafusos de cabeça furada, ou partes semelhantes, eles estarão mais convenientemente seguros se forem frenados em séries, do que individualmente.

O número de porcas ou parafusos que podem ser frenados juntos depende da aplicação. Quando frenando parafusos muito afastados com fios duplos torcidos, um grupo de três deverá ser o máximo em uma série.

Quando frenando parafusos, próximos um do outro, o número que couber em 24 polegadas de extensão de arame, é o máximo de cada série.

O arame deverá ser colocado de modo que a tendência de afrouxar um parafuso encontre resistência no arame que está forçando na direção de aperto.

As partes a serem frenadas deverão ser apertadas, até o valor de torque previsto, e os furos alinhados antes da operação de frenagem. Nunca apertar, além do torque previsto, ou afrouxar uma porca já torquada para linhar os furos para a frenagem.

Bujões de óleo, torneira dreno e válvulas

Estas unidades são frenadas como mostra a Figura 6-26. No caso do bujão de óleo, o arame de freno está preso à cabeça de um parafuso próximo.

Este sistema aplica-se a qualquer outra unidade, a qual tenha que ser frenada individualmente.

Ordinariamente, pontos de frenagem, são convenientemente localizados próximos a estas partes individuais.

Quando não houver esta facilidade, a frenagem deve ser feita em alguma adjacente parte do conjunto.

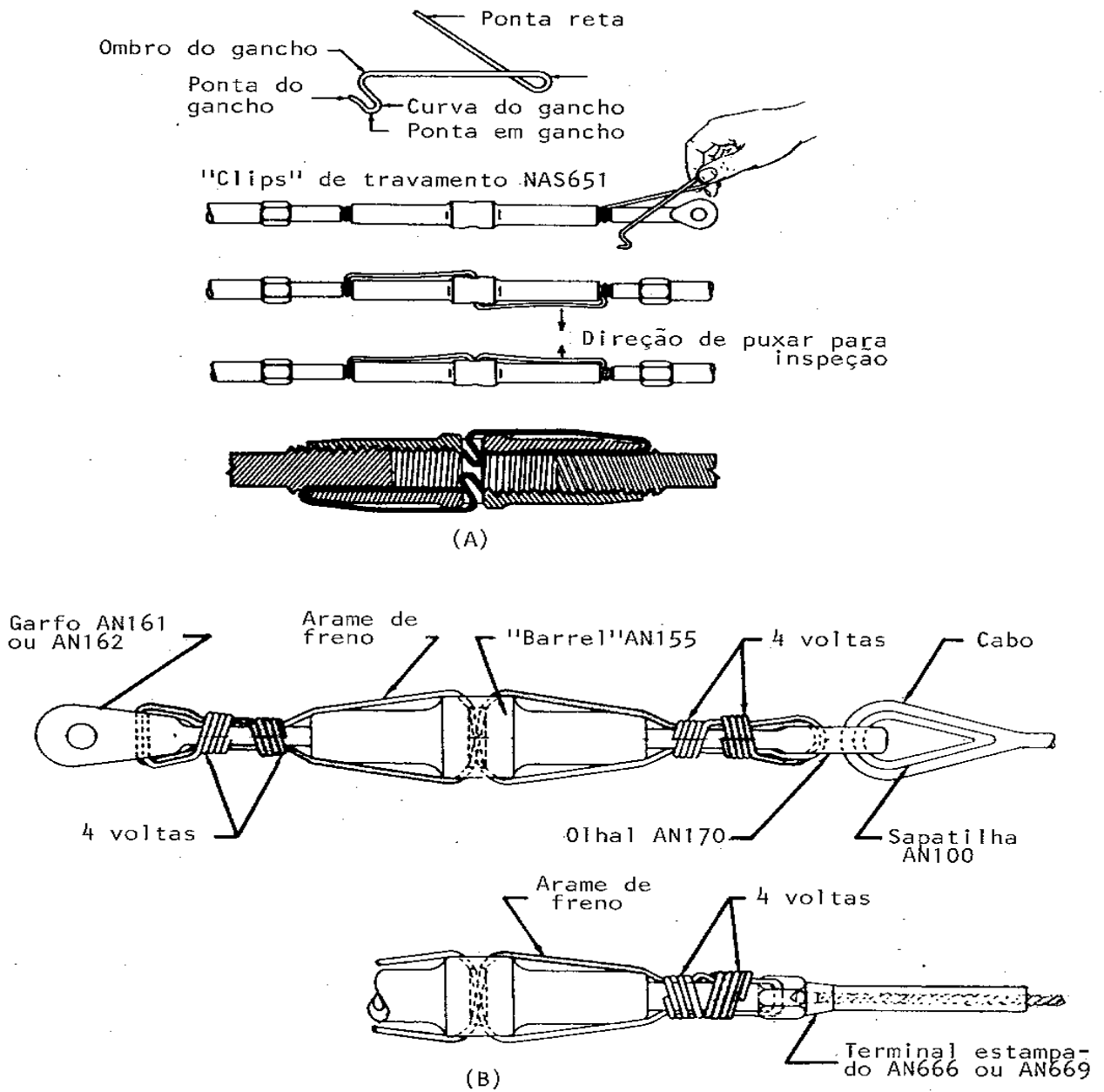


Figura 6-28 Frenagem de esticadores;(A) Método "clip" de travamento; (B) Método frenagem com arame.

Método de enrolamento duplo de arame

Dos métodos de frenagem de esticadores, o enrolamento duplo é o preferido, embora o método de enrolamento simples seja satisfatório. O método de enrolamento duplo é mostrado na Figura 6-28B.

Usando dois pedaços separados do arame, indicado na tabela da Figura 6-29, passe uma das pontas, de um dos pedaços, pelo orifício central do esticador, dobrando o arame; e levando as pontas em direções opostas. O procedimento com o outro pedaço de arame deve

ser repetido. Em cada extremidade do esticador, os arames são passados em sentidos opostos, pelo orifício do terminal (olhal, garfo, etc), dando em cada terminal quatro voltas com cada ponta dos arames, cortando o excedente. O mesmo procedimento deverá ser aplicado em cada extremidade do esticador.

Quando o terminal for do tipo roscado, sem olhal e sem uma passagem mais ampla para as duas pontas do arame, passe apenas uma delas, e após cruzar sobre a outra ponta livre, faça o enrolamento no terminal com cada uma das pontas do arame.

Medida do cabo em polegadas	Tipo do enrolamento	Diâmetro do arame de freio	Material (recozido)
1/16	Simples	020	Aço inoxidável
3/32	Simples	040	Cobre, Latão 1
1/8	Simples	040	Aço inoxidável
1/8	Duplo	040	Cobre, Latão 1
1/8	Simples	057 Min.	Cobre, Latão 1
5/32	Simples	057	Aço inoxidável

1 - Arame de aço galvanizado ou estanhado ou ainda de ferro doce são também aceitáveis.

Figura 6-29 Guia de frenagem de esticadores.

Método de enrolamento simples

Os métodos descritos nos parágrafos seguintes são aceitáveis, mas não tão eficientes quanto os de enrolamentos duplos.

Passa um pedaço de arame de freio através do terminal do cabo (olhal, garfo ou orifício do terminal roscado) em uma das extremidades do esticador. Cruze cada uma das pontas do arame, em direções opostas, em volta da primeira metade da parte central do esticador, de modo que os arames se cruzem duas vezes.

Passando ambos os arames pelo orifício central, o terceiro cruzamento dentro da passagem é feito. Mais uma vez, cruze os arames em direções opostas, em volta da outra metade do esticador. Depois é só passar a ponta do arame pelo olhal do terminal, garfo ou orifício do terminal roscado e, da maneira já descrita anteriormente, enrole cada ponta no terminal por quatro voltas, cortando o excesso.

Uma alternativa do método descrito é passar um arame pelo orifício central do esticador, dobrar as pontas em direções opostas passando cada ponta pelo olhal, garfo ou orifício do terminal roscado e enrolar cada ponta quatro voltas no respectivo terminal, cortando o excesso de arame. Após a frenagem, somente três fios de rosca dos terminais deverão ficar expostos.

Regras gerais para frenagem com arame

Quando utilizando os métodos de frenagem com arame, as seguintes regras gerais deverão ser seguidas:

1. A frenagem deve terminar com uma ponta de arame torcido de 1/4" a 1/2" (três a seis espiras). Esta ponta deverá ser torcida para

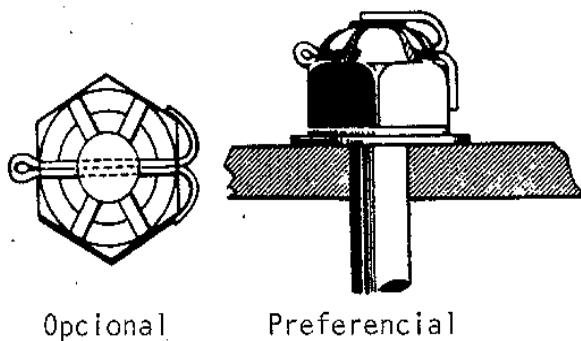
trás ou para baixo para não se tornar um estorvo.

2. Em cada frenagem deve ser usado arame novo.
3. Quando frenando porcas castelo com arame, o aperto final deverá ser dado na porca cuidando em alinhar o orifício do parafuso com o castelo da porca.
4. Todas as frenagens com arame deverão ser apertadas depois de efetuadas, mas nunca excessivamente para não enfraquecer o arame que poderá quebrar-se com o manuseio ou com a vibração.
5. O arame deve ser colocado de modo que a tensão exercida por ele seja no sentido de apertar a porca.
6. O arame de freio deve ser torcido com aperto uniforme e entre as porcas, na frenagem em série, deve ser tão esticado quanto possível sem que fique torcido em demasia.
7. O arame de freio deverá sempre ser instalado e torcido de modo que a curva em torno da cabeça do parafuso permaneça em baixo e não tenha a tendência a passar para a parte superior da cabeça, causando uma folga prejudicial.

Frenagem com contrapino

A instalação de contrapinos é mostrada na Figura 6-30. As porcas de castelo são usadas com parafusos, que devem ter o orifício para o contrapino.

Este aliás, deverá estar em perfeitas condições ao ser instalado no orifício e com pequena folga lateral. As regras gerais para a frenagem com contrapino, são as seguintes:



Opcional

Preferencial

Figura 6-30 Instalação de contrapino.

1. A ponta que circunda a parte final do parafuso, não deverá ultrapassá-la, devendo ser cortada, se for o caso.
2. A ponta dobrada para baixo não deverá atingir a arruela. (Cortar, se for o caso.)
3. Se for usado o método opcional de frenagem, contornando lateralmente a porca com o contrapino, as pontas não deverão ultrapassar a parte lateral da porca.
4. As pernas do contrapino deverão ser dobradas em um ângulo razoável. Curvas muito acentuadas poderão causar a quebra. Pequenas pancadas com um macete é o melhor método de dobragem das pontas.

Anel de pressão

É um anel de metal, de seção circular ou chata, o qual é temperado para ter ação de mola. É esta ação de mola que o mantém firmemente assentado na ranhura.

Os do tipo externo têm por finalidade contornar a parte externa de eixos ou cilindros, assentados em ranhuras.

Os do tipo interno são fixados em ranhuras na parte interna de cilindros. Um tipo especial de alicate é destinado à instalação de cada tipo de anel de pressão.

Os anéis de pressão poderão ser reutilizados; enquanto a sua forma e ação de mola forem mantidas.

Os do tipo externo, poderão ser frenados; mas, os internos, nunca são frenados. A frenagem de um anel do tipo externo é mostrada na Figura 6-31.

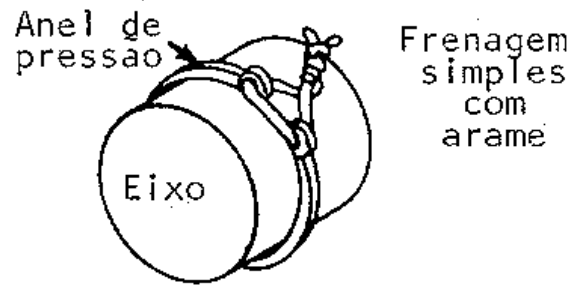


Figura 6-31 Frenagem de anel de pressão externo.

REBITES

Uma aeronave, apesar de sempre ser feita com os melhores materiais e as mais resistentes partes, terá um valor duvidoso, a menos que todas as partes estejam firmemente ligadas.

Vários métodos são usados para manter as partes de metal unidas; eles incluem a utilização de rebites, parafusos, solda ou solda forte. O processo usado pode produzir uma união tão forte quanto o material de cada uma das partes.

O alumínio e as suas ligas são difíceis de serem soldados. Entretanto para se fazer uma resistente e boa união as partes de alumínio devem ser soldadas, aparafusadas ou rebitadas umas com as outras. A rebiteagem é mais satisfatória no ponto de vista de firmeza e acabamento; ela é bem mais fácil de ser feita do que a solda. Este método é o mais utilizado na junção e união de ligas de alumínio, na construção e no reparo de aeronaves.

O rebite é um pino metálico usado para manter duas ou mais peças de metal, lâminas, placas, ou peças de material unidas; sua cabeça é formada em uma das pontas durante a fabricação. A espiga do rebite, é introduzida no orifício feito nas peças do material, e a ponta, é então, rebatida para formar uma segunda cabeça, para manter as duas peças seguramente unidas. A segunda cabeça pode ser formada, tanto manualmente, como por meio de equipamento pneumático; e é chamada de "cabeça de oficina", ou "contracabeça", cuja função é a mesma de uma porca ou um parafuso.

Em adição ao seu uso em unir seções de chapas, os rebites são também usados para unir seções de nervuras, para manter seções de cantoneiras no lugar, para prender tirantes, conexões e inúmeras partes unidas.

Os dois tipos principais de rebites usados em aeronaves são: o rebite sólido, o qual é reba-

tido usando-se uma barra encontradora; e o tipo especial, o qual pode ser instalado quando o local não permite usar a barra encontradora.

Rebites sólidos

Os rebites sólidos são geralmente usados nos trabalhos de reparos. Eles são identificados pela espécie de material de que são feitos, o tipo de cabeça, o tamanho da espiga e suas condições de têmpera. A designação para os tipos de cabeça são: universal, redonda, chata, escareada e lenticilha (*brazier*), de acordo com o desenho em corte da cabeça (ver Figura 6-33). As designações da têmpera e da resistência são indicadas por marcas especiais na cabeça do rebite.

O material usado para a maioria dos rebites sólidos é a liga de alumínio. A resistência e as condições da têmpera dos rebites de liga de alumínio são identificadas por dígitos e letras semelhantes aos adotados para a identificação da resistência e condições de têmpera das chapas de alumínio e de liga de alumínio em estoque. Os rebites 1100, 2017-T, 2024-T, 2117-T e 5056 são os tipos mais disponíveis.

O rebite 1100, o qual é composto de 99.45% de puro alumínio, é muito macio. Ele é usado para rebitar as ligas de alumínio macias, tais como as 1100, 3003 e 5052, as quais são usadas em partes não estruturais (todas as partes em que a resistência não é um fator a ser considerado). A rebiteagem de um porta-mapas é um bom exemplo de onde um rebite de liga de alumínio 1100, pode ser usado.

O rebite 2117-T, conhecido como o rebite de campo (*field rivet*), é usado mais do que qualquer outro na rebiteagem de estruturas de liga de alumínio. O rebite de campo é muito procurado por estar pronto para o uso, quando recebido não necessitando tratamento à quente ou recozimento. Ele também tem uma alta resistência à corrosão.

Os rebites 2017-T e 2024-T são usados em estruturas de liga de alumínio, quando for necessária maior resistência do que a obtida com o mesmo tamanho do rebite 2117-T. Estes rebites são recozidos, e depois mantidos refrigerados até que sejam colocados na chapa. O rebite 2017-T deverá ser colocado dentro de aproximadamente uma hora e o 2024-T dentro de 10 a 20 minutos depois de retirado da refrigeração.

O rebite 5056 é usado para rebitar estruturas de liga de magnésio, por suas qualidades

de resistência à corrosão, quando combinado com o magnésio.

Rebites de aço macio são usados para rebitar peças de aço. Os rebites de aço resistente a corrosão são empregados para rebitar aços, como paredes de fogo, braçadeiras de escapamento e estruturas semelhantes.

Rebites de Monel são usados para rebitar ligas de aço-níquel. Eles podem ser substituídos por aqueles feitos de aço resistente à corrosão em alguns casos. O uso de rebites de cobre em reparos de aeronaves é muito limitado. Eles podem ser usados somente em ligas de cobre ou materiais não metálicos, como o couro.

A têmpera do metal é um importante fator no processo de rebiteagem, especialmente com rebites de liga de alumínio. Os rebites de liga de alumínio têm as mesmas características com relação ao tratamento à quente das chapas de liga de alumínio em estoque. Eles podem ser endurecidos ou recozidos, conforme são chapas de alumínio. O rebite deve estar macio ou relativamente macio, antes que uma boa cabeça possa ser formada. O 2017-T e o 2024-T são rebites recozidos, antes de serem cravados; pois endurecem com o passar do tempo.

Os processos de tratamento à quente (recozimento) de rebites são muito semelhantes ao das chapas estocadas. Tanto pode ser necessário o tratamento em forno elétrico ou a ar, como em banho de sal ou de óleo quente. A temperatura para o tratamento depende do tipo de liga e deve estar entre 329°C a 510°C (625°F a 950°F). Para facilitar o manuseio, os rebites devem ser aquecidos em uma bandeja ou cesta de arame; e imersos em água fria a 20°C (70°F), imediatamente, após o tratamento a quente.

Os rebites 2017-T e 2024-T quando tratados à quente, iniciam a fase de endurecimento dentro de uns cinco minutos, após serem expostos à temperatura ambiente. Por este motivo, eles devem ser usados imediatamente após a imersão em água fria, ou então, serem estocados em um lugar frio. O meio mais comum de manter os rebites tratados à quente em uma temperatura abaixo de zero graus centígrados (abaixo de 32°F), é mantê-los em um refrigerador elétrico. Eles são denominados "rebites de geladeira" ("*icebox rivets*"). Sob estas condições de estocagem, os rebites permanecerão suficientemente macios, para serem cravados por um período superior a duas semanas.

Os rebites não utilizados dentro deste período, deverão ser novamente tratados à quente.

Os rebites de geladeira atingem em aproximadamente uma hora, a metade da sua resistência máxima, depois de cravados; e a total resistência em quatro dias. Quando os rebites 2017-T são expostos à temperatura ambiente por uma hora ou mais, eles são submetidos novamente ao tratamento a quente. Isto também se aplica ao rebite 2024-T quando exposto à temperatura ambiente por um período que exceda 10 minutos.

Um rebite de geladeira, que tenha sido retirado do refrigerador, não deverá ser recolocado junto aos mantidos em estoque. Se forem retirados do refrigerador mais rebites do que o necessário para serem usados em quinze minutos, eles deverão ser colocados em uma vasilha separada e guardados para repetição do tratamento à quente. Este tratamento à quente de rebites, quando feito adequadamente, pode ser repetido várias vezes. A temperatura adequada e o tempo previsto são:

Tempo de aquecimento em forno a ar		
Liga do rebite	Tempo à Temperatura	Temperatura do tratamento
2024	1 hora	487°C – 498°C (910°F – 930°F)
2017	1 hora	496°C – 510°C (925°F – 950°F)
Tempo de aquecimento em banho de sal		
2024	30 minutos	487°C – 498°C (910°F – 930°F)
2017	30 minutos	496°C – 510°C (925°F – 950°F)

A maioria dos metais e, portanto, os rebites de aeronaves mantidos em estoque, estão sujeitos a corrosão, que tanto pode ser causada pelas condições climáticas como também pelos processos usados na fabricação. Isto poderia ser reduzido ao mínimo, usando-se metais que são altamente resistentes à corrosão e possuem a correta relação peso-resistência. Metais ferrosos colocados em contato com o ar salino enferrujam se não forem propriamente protegidos. Metais não ferrosos, não enferrujam, mas um processo similar toma lugar. O sal em mistura com o ar (nas áreas costeiras) ataca as ligas de alumínio. Uma experiência muito comum, é inspecionar os rebites de uma aeronave que operou próximo a água salgada, e encontrá-los bastante corroídos.

Se um rebite de cobre for cravado em uma estrutura de liga de alumínio, teremos dois

metais diferentes em contato um com o outro. Lembramos que dois metais diferentes em contato, um com o outro, na presença de umidade causa um fluxo de corrente elétrica entre eles, formando sub-produtos. Isto resulta: principalmente, na deterioração de um dos metais.

Certas ligas de alumínio reagem com as outras e, portanto, devem ser de metais diferentes. As ligas de alumínio usadas podem ser divididas em dois grupos como mostra a fig. 6-32.

GRUPO A	GRUPO B
1100	2117
3003	2017
5052	2124
6053	7075

Figura 6-32 Grupos de alumínio.

Os membros contidos no grupo A, ou no grupo B, podem ser considerados semelhantes entre si, e não reagirão uns com os outros do mesmo grupo. Uma ação corrosiva terá lugar se algum metal do grupo A for colocado em contato com um do grupo B, na presença de umidade.

O uso de metais diferentes deve ser evitado sempre que possível. Sua incompatibilidade é um fator que foi considerado quando o "AN Standard" foi adotado. Para cumprir com o padrão AN os fabricantes devem pôr uma camada de proteção nos rebites, que podem ser de cromato de zinco, metal pulverizado ou acabamento anodizado. A camada de proteção de um rebite é identificada por sua cor. Um rebite coberto com cromato de zinco é amarelo, um com a superfície anodizada é cinza perolado; e, o com metal pulverizado é identificado pela cor cinza prateado. Se surgir uma situação na qual uma camada protetora tenha que ser aplicada durante o serviço, o rebite tem que ser pintado com cromato de zinco antes da operação e, novamente, após a cravação.

Identificação

Marcações são feitas nas cabeças dos rebites para classificar suas características. Estas marcações tanto podem ser de um ponto em relevo, dois pontos em relevo, um ponto em depressão, um par de traços em relevo, uma cruz em relevo, um simples triângulo ou um traço em relevo. Alguns rebites não têm marcas na cabeça. As diferentes marcas indicam a composição

dos rebites e, como já explanado anteriormente, diferentes colorações identificam o tipo de camada de proteção usada pelo fabricante.

Rebites de cabeça redonda são usados no interior da aeronave, exceto quando é exigida uma folga entre as partes a serem unidas e os membros adjacentes. Os rebites de cabeça redonda têm uma depressão no centro da cabeça, que é grande o bastante para fortalecer a chapa ao redor do orifício, ao mesmo tempo em que oferece resistência à tensão. O rebite de cabeça chata, do mesmo modo que o de cabeça redonda, é usado na parte interna da aeronave, quando, o máximo de resistência é necessário e quando não existe suficiente espaço para utilizar o de cabeça redonda. Ele, raramente, é usado na parte externa de uma aeronave.

O rebite de cabeça de lentilha (brazier head), tem uma cabeça de grande diâmetro, que o torna particularmente adaptável na rebiteagem de chapas finas de revestimento. Ele oferece apenas uma pequena resistência ao fluxo de ar e, em virtude disso, é freqüentemente usado na rebiteagem do revestimento externo, especialmente na seção trazeira da fuselagem e na empenagem. Ele é usado para rebitar chapas finas expostas ao sopro da hélice. Um rebite de cabeça de lentilha é também fabricado com uma cabeça de menor diâmetro.

O rebite de cabeça universal, é uma combinação do cabeça redonda, do cabeça chata e cabeça de lentilha. Ele é usado na construção e em reparos, tanto no interior, como no exterior das aeronaves. Quando for necessária uma substituição, os rebites de cabeças protuberantes--redonda, chata ou lentilha - podem ser substituídos pelos rebites de cabeça universal.

O rebite de cabeça escareada tem a parte superior lisa e chanfrada em direção ao corpo, de maneira que, ao ser introduzido em um orifício chanfrado ou escareado a cabeça fique nivelada com a superfície. O ângulo formado pela cabeça do rebite chanfrado varia de 78° a 120°. O rebite mais comum e mais usado é o de 100°. Estes rebites são usados para prender chapas sobre as quais outras chapas serão fixadas. Eles também são usados nas superfícies externas da

aeronave por oferecerem pouca resistência ao deslocamento do ar e auxiliarem a diminuição da turbulência.

As marcações nas cabeças dos rebites indicam o material de que são feitos e, portanto, sua resistência. A Figura 6-33 identifica as marcações e o material que elas indicam. Embora uma cabeça lisa indique três materiais, é possível distinguir suas diferenças pela coloração. O 1100 tem a cor de alumínio; o de aço macio tem a cor típica do aço; e o rebite de cobre é da cor do cobre. A mesma marca pode aparecer na cabeça de rebites de formatos diferentes, porém, indicando serem do mesmo material. Cada tipo de rebite é identificado por um número de parte (Part Number), para que o operador possa selecionar o rebite certo para o seu serviço.

O tipo da cabeça do rebite é identificado por números padrão AN ou MS. Os números são selecionados em séries e cada série representa um particular tipo de cabeça (ver Figura 6-33) Os números mais comuns e os tipos de cabeça que eles representam são:

AN426 ou MS20426 - rebites de cabeça escareada (100°)
AN430 ou MS20430 - rebites de cabeça redonda
AN441 - rebites de cabeça chata
AN456 - rebites cabeça de lentilha
AN470 ou MS20470 - rebites de cabeça universal.

Poderão ter letras e números adicionados ao número de parte. As letras designam o tipo de liga; os números, o diâmetro e o comprimento dos rebites. As letras mais comuns na designação de ligas são:

A - Liga de alumínio, 1100 ou 3003.
AD - Liga de alumínio, 2117-T.
D - Liga de alumínio, 2017-T.
DD - Liga de alumínio, 2024-T.
B - Liga de alumínio, 5056.
C - Cobre.
M - Monel.

A ausência de uma letra após o número padrão AN, indica um rebite fabricado de aço macio.

Material	Marcação na cabeça	Código Material	AN 425 Cabeça Escar. 78º	AN 426 Escar. 100º	AN427 Escar. 100º	AN430 Cabeça redonda*	AN435 Cabeça redonda* MS20613*	AN441 Cabeça chata	AN442 Cabeça chata*	AN455 Cabeça redonda*	AN456 Cabeça redonda*	AN470 Cabeça univ.* MS20470	Tratam. a quente antes do uso	Resist. cizalh. P.S.I.	Resist. rolam. P.S.I.
1100	Plana	A	X	X		X			X	X	X	X	Não	10000	25000
2117T	Ponto fundo	AD	X	X		X			X	X	X	X	Não	30000	100000
2017T	Ponto relevo	D	X	X		X			X	X	X	X	Sim	34000	110000
2017T-HD	Ponto relevo	D	X	X		X			X	X	X	X	Não	39000	120000
2024T	Duplo traço relevo	DD	X	X		X			X	X	X	X	Sim	41000	130000
5056T	Cruz relevo	B		X		X			X	X	X	X	Não	27000	90000
7075-T73	Três traços relevo		X	X		X			X	X	X	X	Não		
Aço carbono	Triângulo fundo				X		X MS20613*						Não	35000	90000
Aço resistente à corrosão	Traço fundo	F			X		X MS20613*						Não	63000	90000
Cobre	Plana	C			X		X						Não	23000	
Monel	Plana	M			X			X					Não	48000	
Monel Liga Ni-Cu	Ponto duplo fundo	C					X MS20613*						Não	40000	
Latão	Plana						X MS20613*						Não		
Titânio	Pontos fundos Grande e Pequ.			MS20486									Não	95000	

* Novas especificações estão em projeto

Figura 6-33 Carta de identificação de rebites.

O primeiro número, após, a letra indicadora da composição do material, expressa o diâmetro do corpo ou espiga do rebite em 32 avos da polegada. Por exemplo: 3, significa 3/32"; 5 significa 5/32"; etc.

O último número, separado por um traço do número precedente, expressa o comprimento da espiga do rebite em 16 avos de polegada. Por exemplo: 3, significa 3/16"; 7, seriam 7/16"; etc (Figura 6-34).

Um exemplo da identificação de um rebite é:

AN470AD3-5 - Número de parte completo.

AN - *Air Force-Navy*;

470 - rebite de cabeça universal;

AD - liga de alumínio 2117-T;

3 - diâmetro de 3/32";

5 - comprimento de 5/16".

REBITES ESPECIAIS

Rebites cegos - Existem muitos locais em uma aeronave cujo acesso a ambos os lados de uma estrutura rebitada, ou parte estrutural, é impossível de ser alcançado; ou, onde o espaço é tão limitado que não permite a utilização de uma barra encontradora. O mesmo ocorre na fixação de muitas partes não estruturais, como acabamento interno, assoalho, ou outras semelhantes, em que o total comprimento de um rebite sólido não é necessário.

Os rebites especiais, que tenham sido designados para esses locais, devem permitir a cravação pela parte frontal. Eles, algumas vezes são mais fracos do que os rebites sólidos, no entanto, são amplamente mais fortes do que o necessário para aquela utilização.

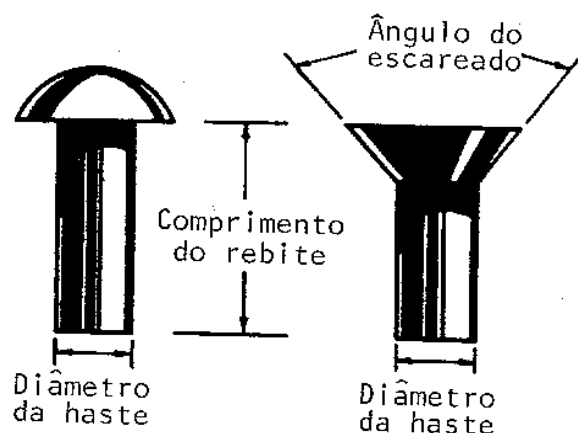


Figura 6-34 Métodos de medição de rebites.

Estes rebites são produzidos por muitos fabricantes e têm como características comuns o fato de necessitarem de: ferramentas especiais para instalação; e especiais procedimentos de instalação e de remoção.

Por isso, são chamados de rebites especiais. São também chamados de rebites cegos, porque muitas vezes são instalados em locais onde uma das cabeças (geralmente a cabeça de oficina) não pode ser vista.

Rebites cravados mecanicamente

Dois classes de rebites cravados mecanicamente serão aqui apresentadas:

1 - Não estruturais

- Rebites de auto-cravação (travados por atrito);
- Rebites *Pul-Thru*

2 - Rebites travados mecanicamente, quebrante à cabeça e auto-cravação

Auto-cravação

Os rebites cegos de auto-cravação (travados por atrito) são fabricados por várias companhias; mas, as informações básicas sobre sua fabricação, composição, usos, seleção, instalação, inspeção e procedimentos de remoção, são aplicáveis a todos eles.

Rebites de auto-cravação (travados por atrito) são fabricados em duas partes: uma cabeça; um corpo oco ou luva; e uma haste, que se estende através do corpo oco. A Figura 6-35 ilustra rebites de auto-cravação, com cabeça redonda e escareada, produzidos por um dos fabricantes.

Vários eventos ocorrem, em seqüência, quando uma força é aplicada para puxar a haste do rebite: (1) a haste é puxada para dentro do corpo do rebite; (2) a parte cônica da haste força o corpo do rebite a se expandir; e (3) quando a fricção (ou pressão causada pela tração da haste) atingir um determinado valor, causará a quebra da haste em uma das suas ranhuras. Uma porção da parte cônica (parte inferior da haste) é retida no interior do rebite, dando a ele uma resistência bem maior do que a que seria obtida de um rebite oco.

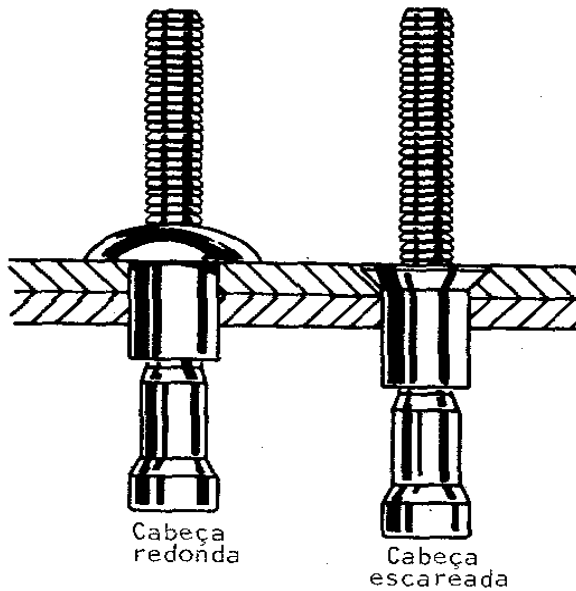


Figura 6-35 Rebites de auto-cravação (Travados por atrito).

Rebites de auto-cravação (travados por atrito) são fabricados nos dois tipos mais comuns de cabeça: (1) cabeça redonda, semelhante ao MS 20470 ou cabeça universal; e (2) cabeça escareada, a 100°. Outros tipos de cabeças são fornecidos por alguns fabricantes.

A haste dos rebites de auto-cravação (travados por atrito), podem ter um ressalto na parte superior ou ela pode ser serrilhada, como é mostrado na Figura 6-35.

Os rebites de auto-cravação (travados por atrito) são fabricados de vários materiais. Eles são fornecidos com as seguintes combinações de materiais: haste de liga de alumínio 2017 e luva de liga de alumínio 2117; haste de liga de alumínio 2017 e luva de liga de alumínio 5056; e haste de aço e luva de aço.

Os rebites de auto-cravação (travados por atrito) são projetados de maneira que a instalação seja executada por somente uma pessoa; não é necessário ter acesso ao trabalho em ambos os lados. A haste, ao ser puxada, executa um trabalho uniforme e sempre seguro. Por não ser necessário acessar o lado oposto ao trabalho, os rebites de auto-cravação (travados por atrito), podem ser usados para fixar conjuntos, como tubo ocos, chapas corrugadas, caixas ocas etc. Como não é necessária a aplicação de marteladas para a cravação desses rebites, eles podem ser utilizados para fixar compensados ou plásticos. Os fatores a serem considerados na seleção correta dos rebites para instalação são: (1) localização da instalação; (2) composição do ma-

terial que será rebitado; (3) espessura do material a ser rebitado; e (4) resistência desejada.

Se o rebite é para ser instalado em uma superfície aerodinamicamente lisa, ou, se for necessária uma distância entre conjuntos, os rebites de cabeça escareada devem ser os escolhidos. Em outras áreas onde o espaço e o acabamento liso não são fatores importantes, o rebite de cabeça protuberante pode ser utilizado.

Quanto ao material de que é feito, o rebite será escolhido de acordo com o material a ser rebitado. Os rebites fabricados de liga de alumínio 2117 podem ser usados na maior parte das ligas de alumínio. Os rebites de liga de alumínio 5056 devem ser usados quando o material a ser rebitado for de magnésio. Os rebites de aço devem sempre ser escolhidos para rebitar conjuntos fabricados de aço.

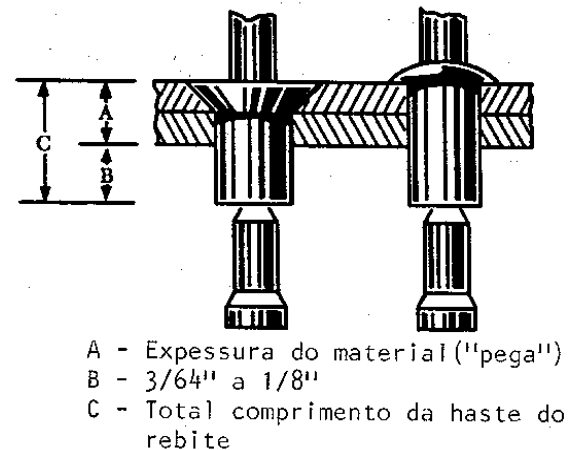


Figura 6-36 Determinação do comprimento do rebite de auto-cravação.

A espessura do material que está sendo rebitado, determina o comprimento do corpo do rebite. Como regra geral, o corpo do rebite deverá estender-se além da espessura do material, aproximadamente 3/64" a 1/8", antes da haste ser puxada (ver Figura 6-36).

Rebites *Pull-Thru*

Os rebites cegos do tipo *Pull-Thru* são fabricados por várias companhias; a mesma informação básica sobre sua fabricação, composição, uso, seleção, instalação, inspeção e procedimentos de remoção são comuns a todos eles.

Os rebites *Pull-Thru* são fabricados em duas partes: um rebite com cabeça, de corpo oco ou luva; e, uma haste que atravessa o corpo oco.

A Figura 6-37 apresenta um rebite *Pull-Thru* de cabeça redonda e um de cabeça escareada.

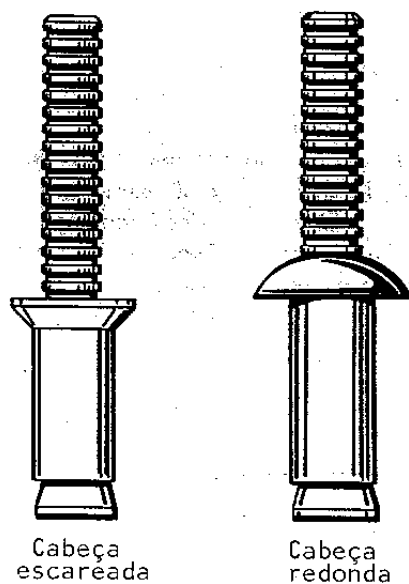
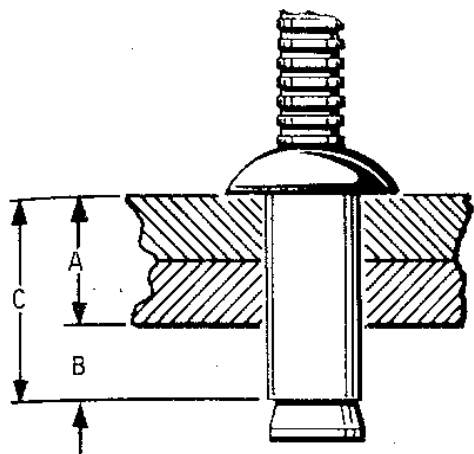


Figura 6-37 Rebites "Pull-thru".

Vários eventos ocorrem, em seqüência, quando uma força é aplicada para puxar a haste do rebite: (1) a haste é puxada para dentro do corpo do rebite; (2) a parte cônica da haste força o corpo do rebite a se expandir, formando uma cabeça cega que fecha o furo do rebite.



- A- Espessura do material
- B- 3/64" a 1/8"
- C- Comprimento total da haste do rebite

Figura 6-38 Determinação do comprimento dos rebites "Pull-thru".

Os rebites *Pull-Thru* são fabricados nos dois tipos mais comuns de cabeça: (1) cabeça redonda, semelhante ao MS 20470 ou cabeça universal, e (2) cabeça escareada a 100°. Outros

tipos de cabeça são fornecidos por alguns fabricantes.

Os rebites *Pull-Thru* são fabricados em vários materiais. Os mais comuns são os seguintes: liga de alumínio 2117-T4, liga de alumínio 5056 e Monel.

Os rebites *Pull-Thru* são projetados de maneira que a instalação seja executada por somente uma pessoa; não é necessário o acesso ao trabalho em ambos os lados.

Os fatores a serem considerados na seleção correta dos rebites para instalação são: (1) localização da instalação; (2) composição do material que será rebitado; (3) espessura do material a ser rebitado; e (4) resistência desejada.

A espessura do material que está sendo rebitado determina o comprimento do corpo do rebite. Como regra geral, o corpo do rebite deverá estender-se além da espessura do material, aproximadamente 3/64" a 1/8" antes da haste ser puxada (ver Figura 6-38).

Cada companhia que fabrica os rebites *Pull-Thru* tem um número de código para auxiliar os usuários a obterem o correto rebite para as necessidades de uma particular instalação. Além disso, números MS são usados para fins de identificação. Estes números são semelhantes aos apresentados anteriormente.

Rebites *Cherry-Lock* com bulbo

A grande e cega cabeça deste rebite contribuiu para a introdução da palavra "bulbo" na terminologia dos rebites cegos. Em conjunto com a carga residual desenvolvida pela quebra da haste, ele tem comprovada resistência à fadiga, tornando-o único rebite cego intercambiável com os rebites sólidos (fig 6-39).

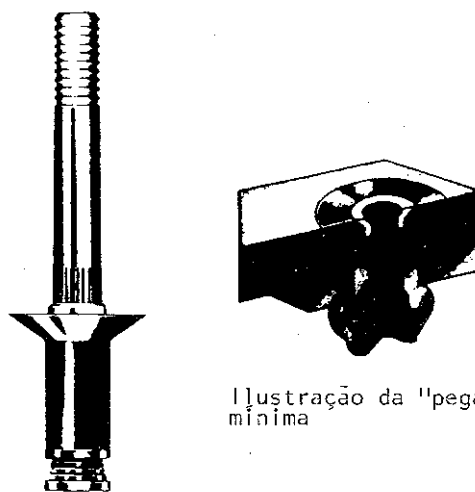


Figura 6-39 Rebite "Cherry-lock" com bulbo.

Rebites *Cherry-Lock Wiredraw*

Este rebite possui uma extensa gama de tamanhos, materiais e níveis de resistência. Este prendedor é especialmente escolhido para aplicações de selagem e funções que requerem uma excessiva quantidade de chapas (fig. 6-40).

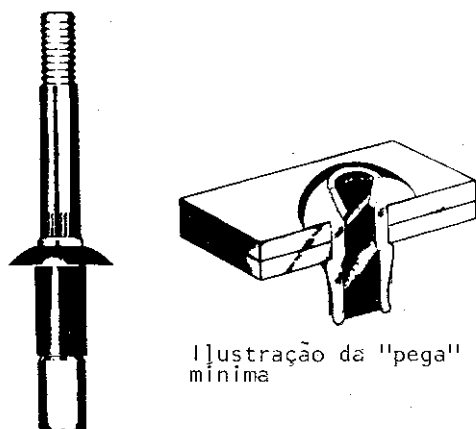


Figura 6-40 Rebites Cherry-Lock Wiredraw.

Rebites travados mecanicamente

Rebites de auto-cravação, travados mecanicamente, são semelhantes aos travados por atrito, exceto pela maneira de retenção da haste na luva do rebite.

Este tipo de rebite tem um colar com um travamento mecânico positivo para resistir às vibrações, que causam o afrouxamento dos rebites, travados por atrito e conseqüente possibilidade de falha. Também, a haste do rebite travado mecanicamente quebra-se rente à cabeça e, normalmente, não requer posterior ajustagem da haste quando propriamente instalado.

Estes rebites apresentam todas as características de resistência de um rebite sólido e, na maioria dos casos, um pode ser substituído pelo outro.

Os rebites de auto-cravação e, travados mecanicamente, são fabricados em duas seções: um corpo com cabeça (incluindo um recesso cônico e um colar de travamento na cabeça); e uma haste serrilhada que se estende através do corpo do rebite.

Como diferença do rebite de trava por atrito, o rebite travado mecanicamente tem um colar, que forma um travamento positivo para retenção da haste no corpo do rebite. Este colar é colocado em posição durante a instalação do rebite.

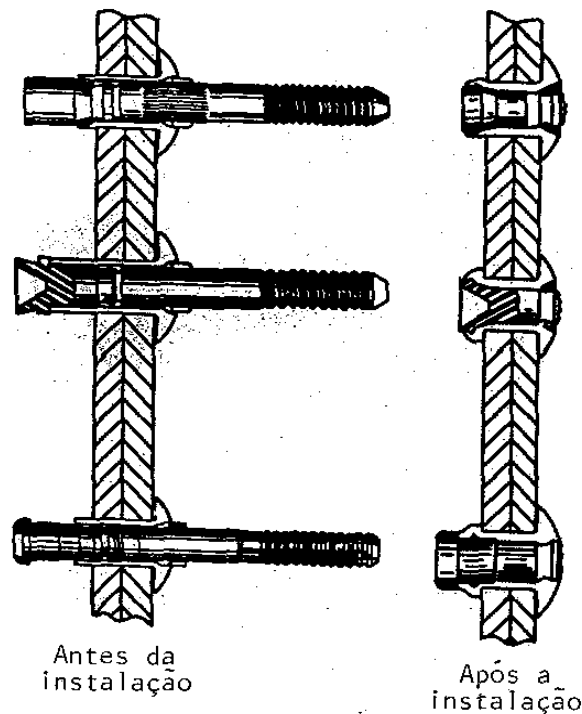


Figura 6-41 Rebites de auto-cravação (travados mecanicamente).

Material

Os rebites de auto-cravação travados mecanicamente são fabricados com luvas (corpo do rebite) de ligas de alumínio 2017 e 5056, monel ou aço inoxidável.

Este tipo de rebite pode ser usado nas mesmas aplicações do rebite de trava por atrito. Em virtude das suas características de grande retenção da haste, a sua instalação é recomendada em áreas sujeitas a considerável vibração.

As mesmas exigências gerais, para a seleção de um rebite travado por atrito, devem ser satisfeitas para a seleção de um rebite travado mecanicamente.

A composição do material que será unido determina a composição do rebite. Por exemplo: para a maioria das ligas de alumínio, o rebite de liga de alumínio 2017; e, para as peças de magnésio, os rebites de liga de alumínio 5056.

A Figura 6-42 apresenta a seqüência da instalação de um rebite travado mecanicamente. A forma e a função podem variar ligeiramente entre os estilos de rebites cegos.

As especificações deverão ser obtidas do fabricante.

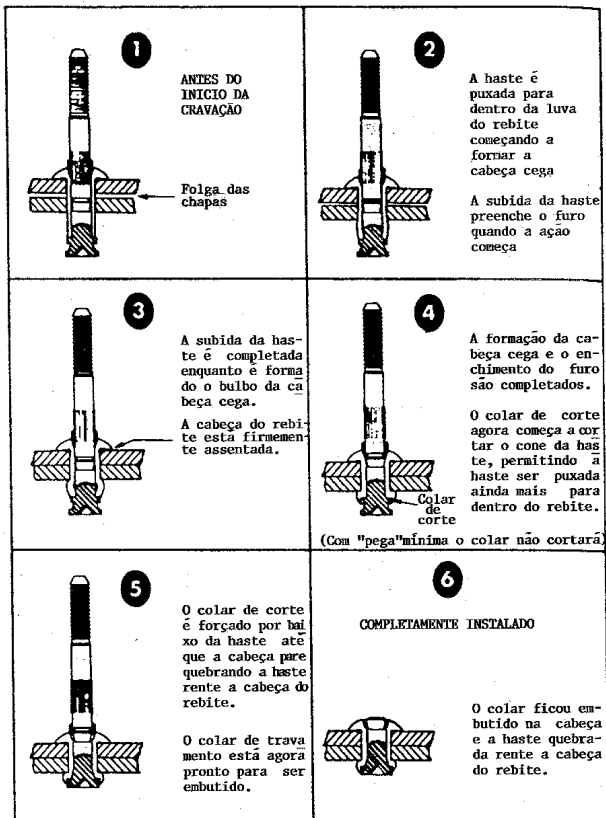


Figura 6-42 Instalação de rebites *Cherry-Lock*.

Estilos de cabeça

Os rebites cegos de auto-cravação e travados mecanicamente são disponíveis em vários estilos de cabeça dependendo das necessidades de instalação, conforme apresentado na figura 6-43.

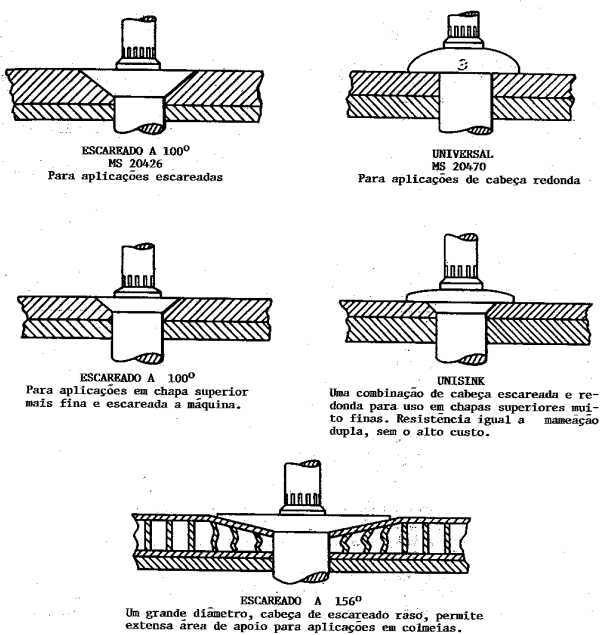


Figura 6-43 Cabeças de rebites *Cherry-Lock*.

Diâmetros

Os diâmetros do corpo dos rebites são medidos em incrementos de $1/32''$ e são identificados, geralmente, pelo primeiro número após o traço, por exemplo: - 3 significa um diâmetro de $3/32''$; - 4 significa $4/32''$ de diâmetro; etc.

Tanto são fornecidos os de medida nominal como também os de diâmetro supermedidos em $1/64''$.

Espessura do material

É a espessura total a ser rebitada e é medida em $1/16''$. É geralmente identificada pelo segundo número após o traço. A maioria dos rebites cegos têm marcado em suas cabeças, a espessura máxima de fixação; e, tem uma total variação de espessura de $1/16''$. A Figura 6-44 demonstra uma típica acomodação.

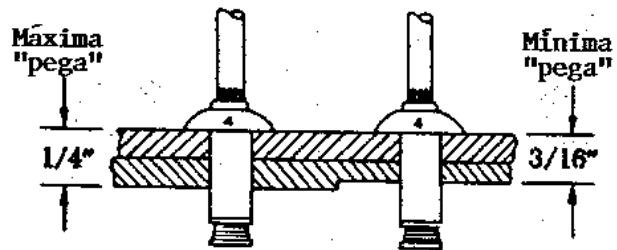


Figura 6-44 Comprimento típico de "pega".

Para determinar o rebite apropriado ao uso, é feita a medição da espessura do material, com um medidor especial (fornecido pelo fabricante do rebite cego). A Figura 6-45 apresenta o uso correto de um medidor especial de espessuras.

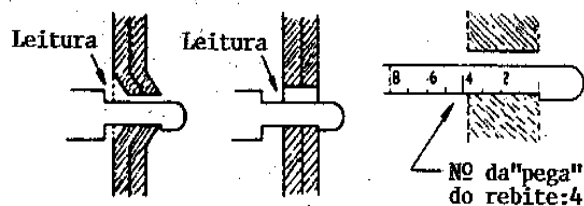
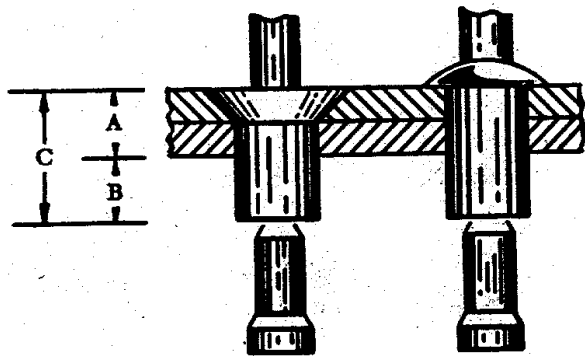


Figura 6-45 Uso do medidor de espessura ("pega").

A espessura do material a ser rebitado determina o comprimento do corpo do rebite. Como regra geral, o corpo do rebite deve ultrapassar a espessura do material, aproximadamente, $3/64''$ a $1/8''$, antes da haste ser puxada (ver Figura 6-46).



A- Espessura do material (Grip range)
 B- De 3/64" a 1/8"
 C- Comprimento total do rebite

Figura 6-46 Determinação do comprimento do rebite.

Identificação de rebites

Cada companhia que fabrica rebites de auto-cravação (trava por atrito), tem um número de código, para auxiliar o usuário a obter o correto rebite, para uma determinada espessura de material, para uma particular instalação. Além disso, números MS são usados para fins de identificação.

Os exemplos seguintes de números de parte para rebites de auto-cravação (travados por atrito), são representativos de cada companhia.

Huck Manufacturing Company -

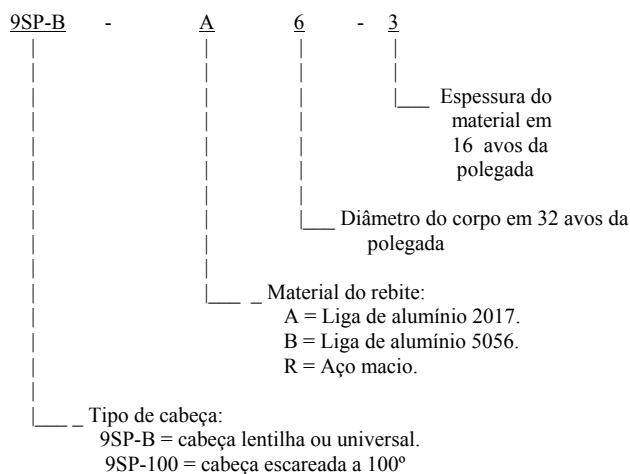


Figura 6-47.

Olympic Screw and Rivet Corporation -

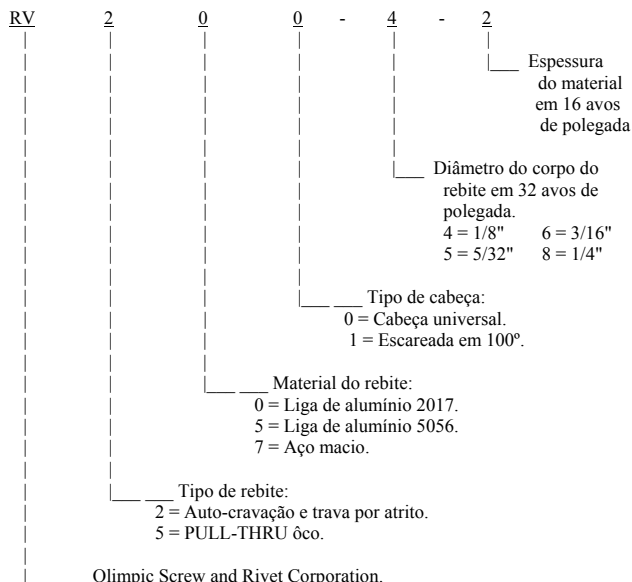


Figura 6-48.

Townsend Company, Cherry Rivet Division

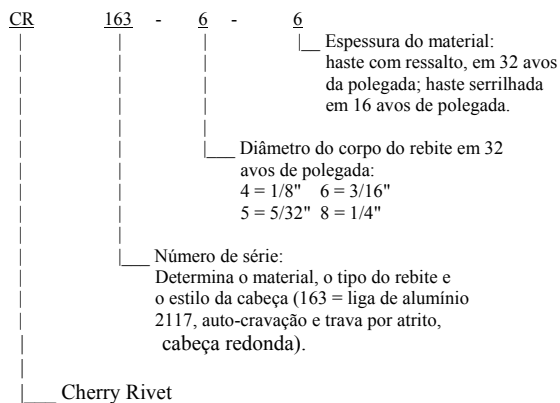


Figura 6-49.

Número Military Standard (MS) -

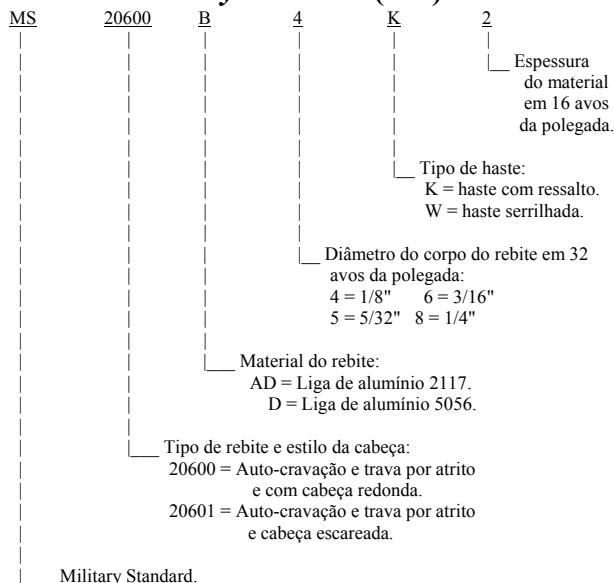


Figura 6-50.

Porca - Rebite (*Rivnut*)

Esta é a marca registrada de um rebite oco e cego, feito de liga de alumínio 6053, escareada e com rosca na parte interna. As porcas-rebites podem ser instaladas por apenas uma pessoa, usando uma ferramenta especial, que forma a cabeça do rebite no lado cego do material. A porca-rebite é atarraxada no mandril da ferramenta e introduzida no furo do material a ser rebitado. A ferramenta deve ser mantida em ângulo reto, com o material e o cabo da ferramenta acionado; e, o mandril, girado no sentido dos ponteiros do relógio, após cada acionamento, até que uma forte resistência seja sentida, indicando que o rebite está devidamente instalado.

A porca-rebite é usada, principalmente, como uma porca fixa, na fixação do revestimento de borracha do sistema de degelo do bordo de ataque das asas. Ela pode ser usada como um rebite em estruturas secundárias, ou, ainda, para a fixação de acessórios, como braçadeiras, instrumentos ou materiais de isolamento acústico.

As porcas-rebite são fabricadas em dois tipos de cabeça e, para cada tipo de cabeça, dois tipos de ponta; uma é a de cabeça chata com a ponta aberta e com a ponta fechada; a outra é a de cabeça escareada, com a ponta aberta e a ponta fechada. Todas as porcas-rebites (*Rivnuts*), com exceção das que possuem cabeça escareada do tipo fino, são disponíveis com ou sem pequenas projeções (chavetas) sob a cabeça, para impedirem que a porca-rebite gire.

As porcas-rebites com chaveta, são usadas como porca fixa, enquanto que as sem chaveta são usadas em reparos, com uma seqüência de rebites cegos, onde não serão impostas cargas de torque. Quando instalando porcas-rebites com chaveta, é necessário a utilização da ferramenta cortadora do encaixe para a chaveta.

A porca-rebite do tipo escareada é feita com dois ângulos diferentes de cabeça: de 100°, com espessura da cabeça de .048 e de .063 de polegada; e de 115°, com espessura da cabeça de .063 de polegada. Cada um desses estilos de cabeça são feitos em três medidas: 6-32, 8-32 e 10-32. Esses números representam a medida do parafuso de máquina para a rosca interna do Rivnut. O diâmetro externo do corpo da porca-rebite de 3/16" para o parafuso 6-32; de 7/32" para o tamanho 8-32 e de 1/4" para o 10-32.

Porcas-rebites com ponta aberta são mais amplamente usadas e recomendadas do que os de ponta fechada. Contudo, as porcas-rebites de ponta fechada devem ser usadas em compartimentos pressurizados.


		
Chata - 0,32 Espessura da cabeça		
6-45 8-45 10-45 6B45 8B45 10B45 6K45 8K45 10K45 6KB45 8KB45 10KB45	6-75 8-75 10-75 6B75 8B75 10B75 6K75 8K75 10K75 6KB75 8KB75 10KB75	6-100 8-100 10-100 6B100 8B100 10B100 6K100 8K100 10K100 6KB100 8KB100 10KB100
100° - 0,48 Espessura da cabeça		
6-91 8-91 10-91 6B91 8B91 10B91	6-121 8-121 10-121 6B121 8B121 10B121	6-146 8-146 10-146 6B146 8B146 10B146
100° - 0,63 Espessura da cabeça		
6-106 8-106 10-106 6B106 8B106 10B106 6K106 8K106 10K106 6KB106 8KB106 10KB106	6-136 8-136 10-136 6B136 8B136 10B136 6K136 8K136 10K136 6KB136 8KB136 10KB136	6-161 8-161 10-161 6B161 8B161 10B161 6K161 8K161 10K161 6KB161 8KB161 10KB161

Figura 6-51 Dados sobre porcas-rebites (*Rivnut*).

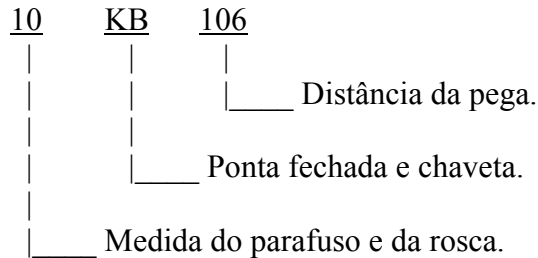
As porcas-rebites são fabricadas em seis medidas de pega (espessura do material a ser rebitado). A porca-rebite de menor medida de pega, tem a cabeça lisa, isto é, sem marcas; a imediatamente superior possui um traço no sentido radial (ver Figura 6-51) na cabeça. Cada medida subsequente recebe um traço a mais, até um total de cinco marcas, que indicam a maior medida de pega.

Na Figura 6-51 encontramos alguns números de parte, em código, que consistem de um "6", um "8" ou um "10", seguidos de um traço e mais dois ou três números. Em alguns, o traço é substituído pelas letras "K" ou "KB". O primeiro número indica a medida do parafuso de máquina e da rosca e, os últimos dois ou três números, indicam a distância máxima de pega em milésimos de polegada. Um traço entre as Figuras indica que a porca-rebite (*Rivnut*) tem a ponta aberta e não possui a chaveta sob a cabeça; um "B" no lugar do traço significa que ela

tem a ponta fechada e é sem chaveta; um "K" significa que ela tem a ponta aberta e possui a chaveta sob a cabeça; e um "KB" indica que ela tem a ponta fechada e tem chaveta.

Se os últimos dois ou três números forem divisíveis por cinco, a porca-rebite tem a cabeça chata; se eles não forem divisíveis por cinco a porca-rebite tem a cabeça escareada.

Exemplo de um número de parte:



Rebites *Dill*

Dill "Lok-Skrus" e "*Lok-Rivet*" (ver a Figura 6-52) são marcas registradas de rebites com rosca interna. Eles são usados na fixação cega de acessórios, como carenagens, coberturas de porta de acesso, molduras de portas e janelas, painéis do piso e outros semelhantes. *Lok-Skrus* e *Lok-Rivet* são semelhantes ao *Rivnut*, tanto na aparência, como na aplicação; contudo, eles são constituídos de duas partes e necessitam de mais espaço no lado cego do material, do que o *Rivnut* para acomodar o corpo.

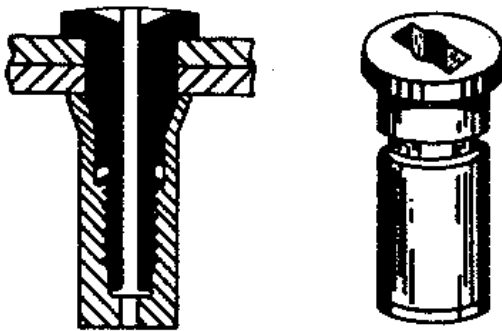


Figura 6-52 Rebite de rosca interna.

O *Lok-Rivet* e o *Lok-Skru* são semelhantes em construção; exceto que o *Lok-Skru* é roscado internamente, para fixar um acessório, usando um parafuso; enquanto que o *Lok-Rivet* não é roscado e só pode ser usado como um rebite. Tanto o *Lok-Skrus* como o *Lok-Rivet* são instalados da mesma maneira, por esse motivo o

texto a seguir para o *Lok-Skrus* também se aplica ao *Lok-Rivet*.

As principais partes de um *Lok-Skru* são o corpo, a cabeça e um parafuso de fixação.

O corpo é de liga de alumínio e a ponta aberta ou fechada. A cabeça é de liga de alumínio ou de aço e, o parafuso (ou parte roscada), é feito de aço.

Todas as partes de aço recebem banho de cádmio e todas as de alumínio são anodizadas para resistir a corrosão. Quando instalado, o corpo é roscado na cabeça, prendendo o material pela parte cega.

O parafuso de fixação é então inserido, se necessário. Existem dois tipos de cabeça: a chata e a escareada. O *Lok-Skru* é roscado para os parafusos 7-32, 8-32, 10-32 ou 10-24 e o diâmetro varia de .230 de polegada para os parafusos de 6-32, a .292 de polegada para os parafusos de 10-32. A distância da pega varia de .010 a .225 de polegada.

Rebites *Deutsch*

Esse é um rebite cego, de alta resistência usado nos antigos modelos de aeronaves. Ele tem uma resistência mínima ao cisalhamento de 75.000 p.s.i. e pode ser instalado por apenas um homem.

O rebite *Deutsch* consiste de duas partes: uma luva de aço inoxidável e um pino de aço temperado (ver Figura 6-35). O pino e a luva são cobertos com um lubrificante e um anti-corrosivo.

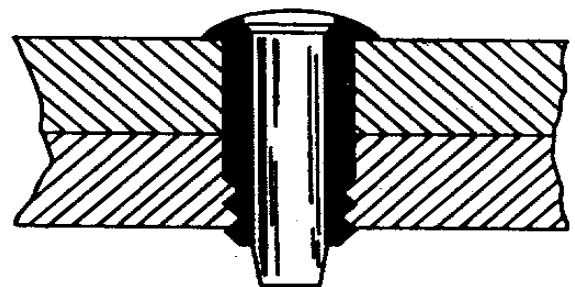


Figura 6-53 Rebite *Deutsch*.

O rebite *Deutsch* é disponível nos diâmetros de 3/16" ou 3/8". A distância de pega para este rebite varia de 3/16" a 1". Algumas variações são permitidas na distância de pega quando instalando o rebite. -+.-Por exemplo: um rebite com uma distância de pega de 3/16" pode

ser usado onde a total espessura do material estiver entre 0.198 e 0.228 de polegada.

Para a cravação de um rebite *Deutsch*, são usados ou um martelo comum, ou uma rebidadora pneumática. O rebite é colocado no furo, previamente feito, e em seguida o pino é cravado dentro da luva.

A ação de cravação ocasiona uma pressão do pino contra a luva, forçando os lados da luva para fora. Essa dilatação forma uma cabeça de oficina na extremidade do rebite, ocasionando uma fixação positiva. O sulco, na cabeça do rebite, trava o pino dentro do rebite ao serem dadas as últimas batidas.

Rebites *Hi-Shear*

São pinos rebites classificados como especiais; mas, não são do tipo cego. Para instalar esse tipo de rebite, é necessário o acesso em ambos os lados do material. Esse rebite tem a mesma resistência ao cisalhamento de um parafuso de igual diâmetro, tem em torno de 40% do peso de um parafuso e requer somente 1/5 do tempo de instalação de um conjunto de parafuso, porca e arruela.

Eles são aproximadamente três vezes mais resistentes do que os rebites sólidos.

Os rebites *Hi-Shear* são essencialmente parafusos sem rosca. Ele é um pino com cabeça em uma das pontas e, na outra ponta, um encaixe abaulado em toda a circunferência. Um colar de metal é estampado no encaixe abaulado, efetuando uma firme e forte fixação (ver Figura 6-54).

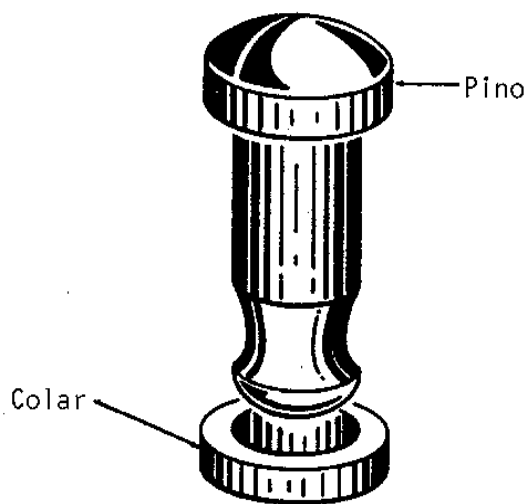
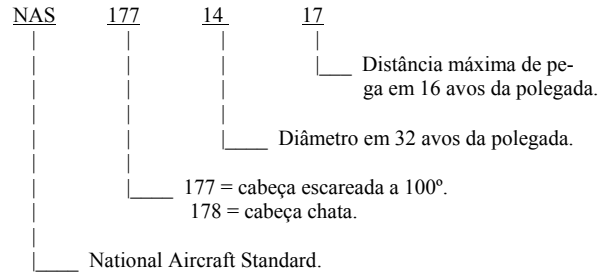


Figura 6-54 Pino-rebite (*Hi-shear*).

Os pinos-rebites *Hi-Shear* são fabricados em uma variedade de materiais, mas, deverão ser usados somente em aplicações de cisalhamento. Eles nunca deverão ser usados em locais em que a distância da pega for menor do que o diâmetro do rebite.

Os números de parte para os rebites *Hi-Shear* identificam o diâmetro, o tipo de cabeça e a distância da pega de cada rebite. Um típico número de parte é apresentado a seguir:



PLÁSTICOS

Os plásticos são usados em muitas aplicações, por todas as partes, aeronaves das modernas. Estas aplicações vão desde componentes estruturais de termo-plástico reforçado com fibra de vidro (*thermosettings*) a acabamentos decorativos de materiais termoplásticos (*thermoplastic*).

Plásticos transparentes

Os materiais usados em capotas de aeronaves, parabrisas e outras janelas transparentes semelhantes podem ser divididas em duas classes principais ou grupos. Estes plásticos são classificados de acordo com a sua reação ao calor. As duas classes são termoplásticos (*thermoplastic*) e termo-endurecidos (*thermo-setting*).

Os materiais termoplásticos amolecem com o calor e endurecem quando resfriados. Eles podem ser aquecidos até amolecerem e colocados em fôrmas para tornarem a aparência desejada. Quando esfriados, eles manterão aquela forma. A mesma peça de plástico pode ser reaquecida e reformada por várias vezes sem perder a composição química do material.

Os plásticos termo-endurecidos, endurecem quando aquecidos e, se reaquecidos não amolecerão. Estes plásticos não podem ser reformados após terem sido endurecidos pela ação do calor.

Como reforço ao explanado acima, os plásticos transparentes são fabricados em duas

formas: bloco (sólido) e laminado. Os plásticos laminados transparentes são feitos de folhas de plástico transparente, unidas com uma camada interna de material, usualmente, *Polyvinyl Butyral*.

Em virtude das qualidades de resistência à rachaduras, o plástico laminado é superior ao plástico sólido e é usado em muitas aeronaves pressurizadas. A maioria das folhas transparentes usadas em aviação são fabricadas de acordo com as diversas especificações militares.

Um novo desenvolvimento em plástico transparente é o acrílico alongado, que é um tipo de plástico que, antes de receber uma forma, ele é puxado em ambas direções, para refazer a sua estrutura molecular.

Um painel de acrílico alongado tem maior resistência ao impacto e está menos sujeito a quebra; sua resistência química é maior, é mais simples e os cortes, fissuras e arranhões causam menos danos.

As folhas de plástico são cobertas individualmente com papel, com adesivo sensível à pressão para aderência. Esse papel auxilia na proteção contra arranhões acidentais durante a estocagem e manuseio. Muito cuidado deverá ser tomado contra arranhões e cortes, quando arrastando uma chapa contra a outra, ou, sobre uma mesa suja ou áspera.

As folhas devem ser estocadas nos depósitos com uma inclinação de 10° da vertical, se possível. Se elas forem estocadas horizontalmente, as pilhas não deverão ter mais do que 45 cm (18") de altura, e as folhas menores deverão ser estocadas em cima das maiores para evitar desequilíbrio.

A estocagem deverá ser em um local frio, seco e longe de vapores de solventes, aquecedores, radiadores e tubulações de vapor. A temperatura no local de estocagem não deverá exceder 44°C (120°F).

Embora a luz direta do sol não danifique o plástico acrílico, ela causará o endurecimento e secará a máscara adesiva de papel, causando dificuldade na sua remoção.

Se o papel não descolar facilmente, coloque a chapa em um forno na temperatura de 100°C (250°F), por um minuto no máximo. O calor amolecerá a máscara adesiva, facilitando a remoção do papel.

Se um forno não estiver disponível, uma endurecida máscara de papel poderá ser removida, amolecendo o adesivo com nafta alifática

(*aliphatic naphtha*). Esfregando a máscara de papel, com um pano saturado com nafta, o adesivo amolecerá, liberando o papel do plástico. Após este tratamento, a chapa de plástico deverá ser lavada imediatamente com água limpa, tomando-se o cuidado de não arranhar a superfície.

Nota: Nafta alifática (*ALIPHATIC NAPHTHA*) não deve ser confundida com nafta aromática (*AROMATIC NAPHTHA*) ou outro solvente de limpeza, os quais produzem efeitos danosos ao plástico. Como a nafta alifática é inflamável, todas as precauções referentes ao uso de líquidos inflamáveis devem ser observadas.

Plástico Reforçado

Plástico reforçado é um material term endurecido usado na construção de radomes, acabamento de antenas e de pontas de asa e, como isolante de várias peças de equipamento elétrico e células de combustível. Ele possui excelentes características dielétricas, que o tornam ideal para radomes; contudo, a sua alta razão de resistência-peso, resistência ao mofo, oxidação, deterioração e fácil fabricação, torna-o igualmente adequado para outras partes da aeronave.

Os componentes de plástico reforçado, da aeronave, são formados tanto por laminados sólidos como por laminados tipo sanduíche. As resinas usadas para impregnar o tecido de formação da fibra de vidro são do tipo contato-pressão (requerendo pouca ou nenhuma pressão durante a cura).

Estas resinas são fornecidas na forma líquida, podendo variar em viscosidade da consistência da água a consistência de xarope. A cura ou polimerização é efetuada pelo uso de um catalizador, usualmente o peróxido de benzoila (*Benzoyl peroxide*).

Os laminados sólidos são construídos de três ou mais camadas de tecido, impregnado de resina (laminado molhado), para formar uma sólida chapa plana ou, com um formato moldado.

Os laminados tipo sanduíche são construídos em duas ou mais sólidas folhas planas ou, com um formato moldado, incluindo um núcleo, tipo colméia de fibra de vidro, ou do tipo espuma. O núcleo tipo colméia é feito de tecido de fibra de vidro impregnado com uma

resina de "polyester" ou uma combinação de náilon e resina fenólica. A densidade específica e o tamanho das células da colméia variam consideravelmente. Núcleos tipo colméia são normalmente fabricados em blocos que são mais tarde cortados para a desejada medida com uma serra de fita.

Os núcleos de espuma são formados da combinação de resinas *alkidicas* e *metatolueno diisocyanato*. Os componentes de fibra de vidro do tipo sanduíche e com núcleo tipo espuma são fabricados para excederem a tolerância mínima, em toda a extensão na espessura da superfície moldada e do material do núcleo. Para obter esta precisão, a resina é derramada dentro de uma forma com tolerância mínima.

A resina transforma-se imediatamente em espuma, para preencher o espaço moldado, formando uma união entre a parte externa e o núcleo.

BORRACHA

A borracha é usada para evitar a entrada de poeira, água, ou ar e, para evitar a perda de fluidos, gases ou ar. Ela é também usada para absorver vibração, reduzir ruído e amortecer o impacto de cargas.

O termo "borracha" é tão abrangente como o termo "metal". Ele é usado para denominar não somente a borracha natural, mas também todas as borrachas sintéticas e silicone.

Borracha natural

A borracha natural tem propriedades físicas melhores do que a borracha sintética ou silicone. Estas propriedades incluem: flexibilidade, elasticidade, resistência à tensão, resistência a rasgos e baixa geração de calor quando sob flexão (histerese).

A borracha natural é um produto de aplicação geral; entretanto, sua aplicação em aeronaves é limitada devido a sua pouca resistência na maioria das causas de deterioração. Embora proporcione um excelente selo para muitas aplicações, ela se dilata e, muitas vezes, amolece em contato com combustível de aeronaves e com solventes (naftas, etc).

A borracha natural se deteriora mais rapidamente do que a borracha sintética. Ela é usada como material selante para água e sistemas de metanol.

Borracha Sintética

A borracha sintética é disponível em diversos tipos e, cada um deles, é composto de diferentes materiais para fornecer as desejadas propriedades. As mais amplamente usadas são: *Butyl*, *Bunas* e *Neopreno*.

O *Butyl* é um hidrocarboneto com superior resistência à penetração de gás. Ele é também resistente a deterioração; no entanto, comparativamente, suas propriedades físicas são bem menores do que as da borracha natural. A borracha feita de *butyl* resistirá ao oxigênio, óleos vegetais, gordura animal, álcalis, ozônio e ao desgaste.

Assim como a borracha natural, borracha feita de *butyl* dilata-se em contato com o petróleo ou solventes minerais. Ela tem uma baixa razão de absorção de água e boa resistência ao calor e a baixa temperatura. Dependendo da classificação, ela é adequada para o uso em temperaturas de 18°C a 130°C (-65°F a 300°F). A borracha de *butyl* é usada com fluidos hidráulicos, como o *skydrol*, fluidos de silicone, gases e acetonas.

A borracha *Buna-S* é semelhante a borracha natural, tanto na fabricação, como nas características de desempenho. Ela é resistente à água como a borracha natural, mas possui algumas características de durabilidade, melhores do que a borracha natural.

Uma dessas características é a boa resistência ao calor, mas somente na ausência de severa flexão. Geralmente, a *Buna-S* tem pouca resistência à gasolina, óleo, ácidos concentrados e solventes. A *Buna-S* é, normalmente, usada para pneus e câmaras de ar como substituta da borracha natural.

A borracha *Buna-N* é importante em sua resistência aos hidrocarbonetos e outros solventes; no entanto, ela tem pouca elasticidade em solventes a baixa temperatura. Os compostos de *Buna-N* têm boa resistência em temperaturas acima de 130°C (300°F), e podem ser requisitados para aplicações em temperaturas abaixo de -20°C (-75°F). A *Buna-N* é resistente a rasgos, a exposição a luz do sol e ao ozônio. Ela tem boa resistência ao abrasão e as propriedades de descolamento, quando usada em contato com metal. Quando usada como vedador de um pistão hidráulico, ela não gruda na parede do cilindro. A *Buna-N* é usada para tubulações de óleo e gasolina, forro de tanques, gaxetas e selos.

A Borracha *Neopreno* pode ser submetida a condições mais severas do que a borracha natural e possui melhores características em baixa temperatura. Ela possui excepcional resistência ao ozônio, luz do sol, calor e ao envelhecimento. A *Neopreno* tem aparência e reação ao tato, semelhante a borracha natural; no entanto, em algumas características, é menos parecida com esta, do que a *Buna* e a *Butyl*.

As características físicas da *Neopreno*, tais como a resistência a tensão e ao alongamento, não são iguais a borracha natural, mas têm muita semelhança. Sua resistência a rasgos, bem como, sua resistência à abrasão, são ligeiramente menores do que as da borracha natural. Embora sua recuperação à distorção seja completa, não é tão rápida quanto a da borracha natural.

A *Neopreno* tem uma grande resistência ao óleo. É um material adequado para ser usado em sistemas de gasolina não aromática, por isso a pouca resistência à gasolinas aromáticas.

Ela é usada primariamente para selos contra intempéries, vedação de janelas, batentes de borracha, tubulações de óleo e diafragmas de carburadores. Ela é, também, recomendada para o uso com Freons.

Thiokol, também conhecida como borracha "*Polysulfeto*", tem uma grande resistência a deterioração; mas, ocupa um dos últimos lugares com relação a propriedades físicas.

Em geral, não é seriamente afetada pelo petróleo, hidrocarbonetos, álcool, gasolina ou água. As borrachas tipo *Thiokol* têm uma baixa classificação nas propriedades físicas, como compressão, resistência à tensão, elasticidade e resistência à abrasão. Ela é usada em tubulações de óleo, revestimento de tanques para gasolina aromática de aviação, gaxetas e selos.

"Borrachas de Silicone" é um grupo de material plástico feito de Silicone, oxigênio, hidrogênio e carbono.

Elas têm excelente estabilidade no calor e mantêm a flexibilidade em temperaturas muito baixas. Elas são adequadas para gaxetas, selos e outras aplicações em elevadas temperaturas, acima de 280°C (600°F), são alcançadas.

As borrachas de Silicone são também resistentes à temperaturas abaixo de -60°C (-150°F).

Em toda essa faixa de temperatura, a borracha de Silicone permanece extremamente flexível e usável sem endurecimento nem deterioração. Ainda que esse material tenha boa re-

sistência aos óleos, ele reage desfavoravelmente, tanto com a gasolina aromática, como com a não aromática.

Silastic, um dos mais conhecidos Silicones, é usado para isolar equipamentos elétricos e eletrônicos. Em virtude das suas propriedades dielétricas, acima de uma extensa gama de temperaturas, ele permanece flexível e livre de fissuras e rachaduras. *Silastic* é também usado para gaxetas e selos em alguns sistemas de óleo.

AMORTECEDORES DE ELÁSTICO

São amortecedores feitos de borracha natural, em fios trançados, encaixados em uma capa de algodão tratado para resistir a oxidação e ao desgaste.

Grande tensão e alongamento são obtidos pelo trançado da camisa sobre o feixe de fios de borracha, no momento em que eles são esticados, aproximadamente, três vezes do seu comprimento original.

Existem dois tipos de elásticos para amortecedores: o tipo I, um elástico reto, e o tipo II, um anel contínuo conhecido como "*Bungee*". As vantagens do tipo II são: a facilidade e a rapidez da substituição e não ter que ser fixado durante a ação de amortecimento. Os elásticos para amortecedores são fornecidos em diâmetros padronizados de 1/4" a 13/16".

Três fios coloridos são trançados por dentro e por fora em toda a extensão do elástico.

Dois desses fios são da mesma cor e indicam o ano de fabricação; o terceiro fio, de cor diferente, indica o período do ano em que o elástico foi feito.

O código cobre um período de cinco anos e, então, é repetido.

A Figura 6-55 apresenta o ano e o quarto de ano com suas respectivas cores.

CÓDIGO DO ANO			CÓDIGO DO MÊS		
ANO	FIOS	CORES	MESES	FIOS	CORES
1988-1993	2	Azul	Jan-Fev-Mar	1	vermelho
1989-1994	2	Amarelo	Abr-Mai-Jun	1	azul
1990-1995	2	Preto	Jul-Ago-Set	1	verde
1991-1996	2	Verde	Out-Nov-Dez	1	amarelo
1992-1997	2	vermelho	---	---	---

Figura 6-55 Código de cores dos elásticos para amortecedores.

VEDADORES

Vedadores (*Seals*) são usados para evitar a passagem de líquidos em determinados pontos, como também, manter o ar e a poeira fora do sistema em que são usados. O crescente aumento do uso de mecanismos hidráulicos e pneumáticos, em sistemas de aeronaves, tem criado uma necessidade de gaxetas e juntas de vedação, de várias características e formatos, para satisfazer as muitas variações de operações, velocidades e temperaturas, para as quais eles estão sujeitos. Não existe um tipo ou um estilo de vedador que satisfaça a todas as instalações; e, as razões são as seguintes:

- 1 - Pressão na qual o sistema opera;
- 2 - O tipo de fluido usado no sistema;
- 3 - O acabamento do metal e a folga entre ele e as partes adjacentes; e
- 4 - O tipo do movimento (rotação ou alternado), se houver.

Os vedadores estão divididos em três classes principais: 1 - Gaxetas; 2 - Juntas de vedação; e 3 - Limpadores.

Gaxetas (*packings*)

São feitas de borracha sintética ou natural e são usadas, geralmente, como "vedadores dinâmicos"; isto é, em unidades que contenham partes móveis, como cilindros de atuação, bombas, válvulas seletoras etc. As gaxetas são feitas no formato de anéis com a seção em "O" (*O-rings*), em "V" (*V-rings*) e em "U" (*U-rings*), sendo cada um designado para uma específica finalidade (ver Figura 6-56).

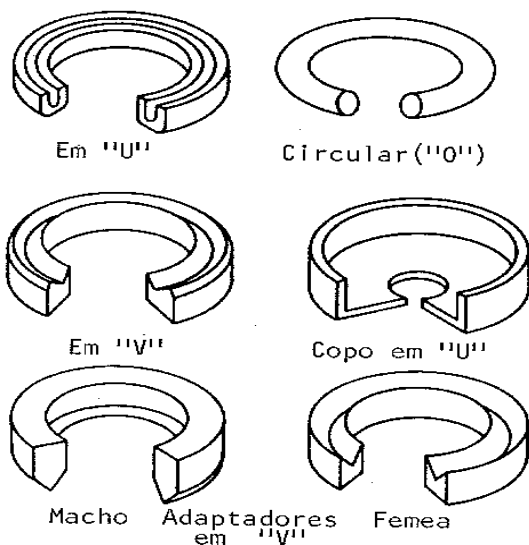


Figura 6-56 Anéis de vedação.

Gaxetas de seção circular (*O-Rings.*)

Também chamados de anéis de vedação, são usados para evitar, tanto os vazamentos internos, como os externos. Esse tipo de gaxeta veda, efetivamente, em ambas as direções, e é o tipo usado com mais frequência. Em instalações sujeitas a pressões acima de 1.500 p.s.i., anéis auxiliares são usados com os de seção circular, para evitar deformações.

Quando um anel de vedação de seção circular estiver sujeito a pressão, em ambos os lados, como em um cilindro de atuação, dois anéis auxiliares (*backup rings*) devem ser usados (um de cada lado do anel de vedação).

Quando a pressão for exercida apenas em um dos lados, usa-se simplesmente um anel auxiliar. Neste caso, o anel auxiliar deve ser colocado sempre na parte do anel de vedação que sofre a pressão.

Os materiais usados para a fabricação dos anéis de vedação devem ser compostos para as diversas condições de operação, temperaturas e tipos de fluidos. Uma gaxeta designada especificamente como um selo estacionário (estático), provavelmente, não desempenhará bem a sua função se for instalada em uma parte móvel como a de um pistão hidráulico.

Muitos anéis de vedação são semelhantes na aparência e na consistência; mas suas características podem ser muito diferentes. Um anel de vedação será inútil se não for compatível com o fluido do sistema e a temperatura de operação.

Os avanços nos modelos de aeronaves tornam necessárias novas composições, na fabricação de anéis de vedação, para acompanhar as mudanças das condições de operação.

Os anéis de vedação para sistemas hidráulicos eram originalmente controlados sob números de especificação; AN (6227, 6230 e 6290) para uso com o fluido MIL-H-5606, em temperaturas que variam de -17°C (-65°F) a +64°C (+160°F).

Quando os novos modelos elevaram a temperatura de operação para +120°C (275°F) mais compostos foram desenvolvidos e aperfeiçoados.

Recentemente um composto foi desenvolvido oferecendo melhorias no desempenho, em baixas temperaturas, sem sacrificar o desempenho em altas temperaturas, considerando as outras séries obsoletas.

Esse material superior foi adotado na série MS 28775. Esta série é agora o padrão para os sistemas que utilizam o MIL-H-5606, onde a temperatura pode variar de -17°C (-65°F) a $+120^{\circ}\text{C}$ (275°F).

Os fabricantes adotam códigos de cores em alguns anéis de vedação, embora não seja um confiável ou completo meio de identificação.

O sistema de código de cores não identifica os tamanhos, mas somente o fluido ou o vapor compatível e, em alguns casos, o fabricante.

O código de cores dos anéis de vedação que são compatíveis com o óleo MIL-H-5606 sempre terão a cor azul, mas poderão também conter a cor vermelha ou outras cores.

Gaxetas e juntas de vedação são adequadas para uso com o óleo *Skydrol*.

Elas sempre serão codificadas com um traço verde, mas poderá também ter um ponto azul, cinza, vermelho, verde ou amarelo como parte do código de cores.

O código dos anéis que são compatíveis com fluidos hidrocarbonetos sempre conterà o vermelho e nunca o azul. Um risco colorido em torno da circunferência indica que o anel de vedação é uma gaxeta com função de junta de vedação.

A cor do risco, ou da listra, indica o líquido compatível: vermelho para o combustível e azul para o fluido hidráulico.

O código em alguns anéis de vedação, não é permanente e, em outros, ele pode ser omitido, por dificultar a fabricação ou, por interferência na operação. Além disso, o código de cores fornece meios de estabelecer o tempo de vida do vedador ou suas limitações de temperatura.

Devido as dificuldades com o código de cores, os anéis de vedação são fornecidos em envelopes hermeticamente selados e etiquetados com os dados pertinentes.

Quando selecionando um anel de vedação para instalação, o número de parte básico no envelope selado fornece uma identificação digna de confiança.

Ainda que, a primeira vista, um anel de vedação tenha uma aparência perfeita, pequenos defeitos na superfície podem existir.

Estes defeitos são, muitas vezes, capazes de impedir o desempenho satisfatório sob as variações da pressão de operação do sistema da

aeronave; portanto, o anel de vedação deve ser rejeitado por defeitos que poderão afetar seu desempenho.

Alguns defeitos são difíceis de serem descobertos, por isso, os fabricantes de aeronaves recomendam o uso de uma lente que aumente quatro vezes, com iluminação adequada, para inspecionar cada anel de vedação antes da instalação.

Rolando o anel em um cone de inspeção, o diâmetro interno pode também ser inspecionado quanto a pequenas rachaduras, partículas de material estranho ou outras irregularidades; que possam causar vazamento ou diminuir o tempo de vida do anel, de vedação.

A leve esticada do anel, para a inspeção da parte interna, ajudará a revelar alguns defeitos que não seriam visíveis de outra maneira.

Anéis auxiliares de impacto (*backup rings*)

São anéis de teflon (MS 28782) que não deterioram com a idade, não são afetados por qualquer sistema de líquido ou vapor e podem tolerar temperaturas além daquelas encontradas nos sistemas hidráulicos de alta pressão.

Os seus números de identificação, além de indicar suas medidas, indicam também a medida dos anéis de vedação para os quais eles são dimensionados.

Eles são identificados por números básicos de parte e, também, são intercambiáveis; isto é, qualquer anel auxiliar de teflon pode ser usado para substituir outro anel de teflon se as suas dimensões forem próprias para apoiarem o anel de vedação.

Os anéis auxiliares de teflon não têm código de cores nem outros tipos de marcação, e devem ser identificados pelas etiquetas da embalagem.

A inspeção dos anéis auxiliares deverá incluir um teste para assegurar de que as superfícies estão livres de irregularidades; as bordas, sem as arestas cortantes; e as partes chanfradas, paralelas. Quando checando anéis de teflon em espiral, assegure-se de que as espiras não estão separadas mais de 1/4" quando livres.

Anéis de Vedação com Seção em "V"

São vedadores descartáveis (AN 6225) e são instalados sempre com a parte aberta do "V", faceando a pressão.

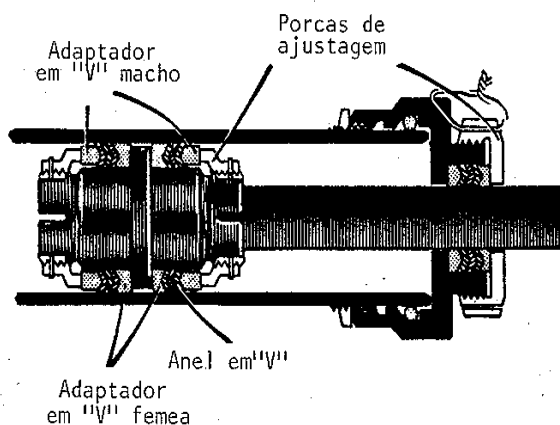


Figura 6-57 Instalação de anéis em "V".

Os anéis de vedação em "V" devem ser instalados, com adaptadores macho e fêmea, para serem mantidos na posição correta depois da instalação. É também necessário apertar o retentor dos anéis, com o torque no valor especificado pelo fabricante do componente, para que o vedador tenha um desempenho satisfatório.

A Figura 6-57 mostra um componente usando anéis de vedação em "V".

Anéis de Vedação com Seção em "U"

As gaxetas em "U", sob a forma de anel ou, em copo, são usadas em conjuntos de freio e nos cilindros mestre de freios.

Os vedadores anel em "U" e, copo em "U", só vedarão a pressão em uma direção; portanto, a parte aberta do "U" deverá estar voltada para a direção da pressão. Os anéis de vedação em "U", são primariamente, gaxetas de baixa pressão para serem usadas abaixo de 1.000 p.s.i.

JUNTAS DE VEDAÇÃO (*GASKETS*)

São usadas como selos estáticos (estacionários) entre duas superfícies planas. Os materiais mais comuns para confecção de juntas são: amianto, cobre, cortiça e borracha. Amianto laminado é usado sempre que for necessário uma junta resistente ao calor. O amianto é usado nos sistemas de escapamento - o amianto está sendo abolido por ser altamente cancerígeno. A maioria das juntas de amianto tem uma proteção de cobre nas bordas para prolongar o tempo de vida.

Uma sólida arruela de cobre é usada para a vedação de velas de ignição, onde é necessário uma junta não compreensível, porém macia.

As juntas de cortiça podem ser usadas como uma vedação, para o óleo entre o cárter do motor e os acessórios e, onde é requerida uma junta de vedação capaz de ocupar um espaço irregular ou diferente, causado por uma superfície áspera, ou ainda, sujeita a expansão e contração.

Juntas de borracha podem ser usadas onde for necessária uma junta compreensível. Ela não deverá ser usada em locais onde poderá haver o contato com gasolina ou óleo, porque a borracha deteriora-se muito rapidamente, quando em contato com essas substâncias.

As juntas são usadas nos sistemas líquidos, em torno de bujões de cilindros de atuação, válvulas e outras unidades. A junta que, geralmente, é usada para esta finalidade tem o formato semelhante a um anel de vedação.

LIMPADORES (*WIPERS*)

São usados para limpar e lubrificar a porção exposta dos eixos de cilindros. Eles evitam a entrada de poeira no sistema e, auxiliam na proteção do eixo do cilindro de atuação, contra arranhões e desgaste. Os limpadores podem ser do tipo metálico ou de feltro. Muitas vezes eles são usados juntos, com o de feltro instalado de encontro ao metálico.

SELANTES

Determinadas áreas das aeronaves são vedadas para conter a pressurização do ar, evitar vazamento de combustível, impedir a passagem de gás, ou, para evitar a corrosão, vedando contra as intempéries. A maioria dos selantes consiste em dois ou mais ingredientes, em determinadas proporções, para serem obtidos os melhores resultados.

Alguns materiais são embalados para uso imediato, enquanto outros dependem de mistura antes da aplicação.

Selantes simples (*one-part*)

São preparados pelo fabricante e estão prontos na embalagem para a aplicação. Contudo, a consistência de alguns destes compostos podem ser alteradas para satisfazer um particular método de aplicação. Se for desejada uma diluição, deverá ser usado o solvente recomendado pelo fabricante do selante.

Selantes compostos (*two-part*)

Os selantes compostos necessitam de embalagens separadas, para evitar a cura, ou, o endurecimento antes da aplicação e, são identificados como base selante e acelerador ou catalisador.

Qualquer alteração na proporção prescrita, reduzirá a qualidade do material.

Geralmente, as duas partes do selante composto são misturadas pela combinação de iguais porções (pelo peso), da base e do acelerador.

Todos os materiais selantes devem ser cuidadosamente pesados de acordo com as recomendações do fabricante.

O material selante é, normalmente, pesado com uma balança equipada com pesos especialmente preparados para as várias quantidades de selante e acelerador.

Antes da pesagem dos materiais selantes, tanto a base, quanto o acelerador, deverão ser completamente agitados.

O material acelerador que estiver seco, empurrado ou em flocos não deverá ser usado. Conjuntos de selantes já pesados (*Kits*), se forem utilizados completamente, não têm que ser pesados novamente antes de serem misturados.

Depois que a devida quantidade de base e de acelerador tiver sido determinada, adicione o acelerador ao selante base. Imediatamente após adicionar o acelerador, misture totalmente as duas partes, de modo que a consistência do material permita.

O material deverá ser misturado cuidadosamente para evitar bolhas de ar na mistura. Não convém misturar muito rápido, nem por tempo prolongado, para evitar a formação de calor na mistura, diminuindo o tempo normal de aplicação (vida útil) do selante. Para assegurar-se de que os compostos selantes estão bem mis-

turados, faça um teste com uma pequena porção sobre uma chapa de metal limpo ou vidro.

Se nódoas ou torrões forem encontrados, continue misturando e, se não puderem ser eliminados, a mistura deverá ser rejeitada.

A vida útil da mistura selante é de trinta minutos a quatro horas (dependendo da classe do selante); por isso, a mistura selante deverá ser aplicada o mais rápido possível, ou então, colocada sob refrigeração.

A Figura 6-58 apresenta informações gerais sobre selantes.

O tempo de cura das misturas selantes varia com as condições de temperatura e umidade.

A cura será extremamente lenta se a temperatura estiver abaixo de 14°C (60°F). A temperatura de 22°C (77°F) com 50% de umidade relativa, é a condição ideal para a cura da maioria dos selantes.

A cura de um selante pode ser acelerada, se aumenta a temperatura, mas esta nunca deverá estar acima de 44°C (120°F), em qualquer momento do ciclo de cura.

O calor pode ser aplicado com o uso de lâmpadas de raios infravermelhos ou ar aquecido. Quando for usado o ar, ele deverá ser devidamente filtrado para remover umidade e poeira.

O calor não deverá ser aplicado em qualquer superfície de contato com selante, até que todo o trabalho esteja completado.

Todas as aplicações da superfície de contato, deverão ter as ligações permanentes ou temporárias completadas, dentro das limitações de aplicação do selante.

O selante deve ser curado para uma condição de "livre-toque", antes da aplicação do acabamento, (Livre-toque é um ponto da consistência, na qual uma folha de celofane pressionada contra o selante não ficará colada).

SELANTE BASE	ACELERADOR (CATALISADOR)	MISTURA POR PESO	VIDA ÚTIL	ESTOCAGEM DURAÇÃO APÓS MISTURADO	ESTOCAGEM	FAIXA DE TEMPERATURA	APLICAÇÃO E LIMITAÇÕES
EC-801(preto) MIL-S-7502 A Classe B-2	EC-807	12 partes de EC-807 para 100 partes de EC-801	2-4 horas	5 dias a -26°C após congelar a -48°F	6 meses	-48°C a 85°C	Superfícies de contato, enchimento, vedação de fendas.
EC-800 (vermelho)	Nenhum	Sem mistura	8-12 horas	Não aplicável	6-9 meses	-48°C a 85°C	Revestimento de rebites

EC-612 P (rosa) MIL- -P-20628	Nenhum	Sem mistura	Indefinido, não seca	Não aplicável	6-9 meses	-36°C a 85°C	Juntas acima de 1/4"
PR-1302 HT (vermelho) MIL-S-8784	PR-1302 HT-A	10 partes de PR-1302 HT-A para 100 partes de PR-1302 HT	2-4 horas	5 dias a -26°C após congelar a -48°C	6 meses	-48°C a 85°C	Juntas de janelas de inspeção
PR-727 MIL-S-8516 B	PR-727 A	12 partes de PR-727 A para 100 partes de PR-727	No mínimo 1 1/2 hora	5 dias a -26°C após congelar a -48°C	6 meses	-48°C a 85°C	Conexões elétricas e vedação de anteparos
HT-3 (verde escuro)	Nenhum	Sem mistura	2-4 horas	Não aplicável	6-9 meses	-46°C a 410°C	Vedação de tubos de ar quente através de anteparos
EC-776 (âmbar claro) MIL-S-4383 B	Nenhum	Sem mistura	8/12 horas	Não aplicável	Indefinido	-48°C a 105°C	Revestimento externo

Figura 6-58 Informação geral sobre selantes.

CONTROLE DA CORROSÃO

A corrosão de um metal é a deterioração pelo ataque químico ou eletroquímico e, pode ter lugar, tanto internamente, quanto na superfície. Do mesmo modo que o apodrecimento da madeira, esta deterioração pode alterar uma superfície lisa, enfraquecer o interior e danificar, ou, soltar partes adjacentes. Água ou vapor de água contendo sal, combina com o oxigênio na atmosfera, para produzir a principal fonte de corrosão em aeronaves.

Uma aeronave operando em um ambiente marítimo ou em área onde a atmosfera contenha vapores industriais corrosivos, está particularmente suscetível aos ataques da corrosão.

A corrosão pode causar eventual falha estrutural se não for combatida. A aparência da corrosão varia com o metal. Nas ligas de alumínio e de magnésio, ela aparece como pequenas cavidades ásperas, muitas vezes combinada com um depósito de pó branco ou cinza. No cobre e nas ligas de cobre, a corrosão forma uma película verde; no aço, uma ferrugem avermelhada.

Quando os depósitos cinza, branco, verde ou avermelhado são removidos, cada uma das superfícies pode ter a aparência áspera ou corroída, dependendo do tempo de exposição e severidade do ataque. Se não forem profundas as cavidades, elas podem não alterar significativamente a resistência do metal; no entanto, as

cavidades podem ocasionar o desenvolvimento de rachaduras.

Alguns tipos de corrosão podem movimentar-se por baixo de superfícies pintadas e, espalhar-se até que haja uma falha.

Tipos de corrosão

Existem duas classificações gerais para a corrosão, que cobrem a maior parte das formas específicas. São elas; o ataque químico direto e o ataque eletroquímico. Em ambos os tipos de corrosão o metal é convertido em compostos metálicos, como o óxido, o hidróxido, ou o sulfato. O processo de corrosão sempre envolve duas alterações simultâneas: o metal, que é atacado ou oxidado, sofre o que pode ser chamado de transformação anódica; e, o agente corrosivo, é reduzido e pode ser considerado como sofrendo uma transformação catódica.

Ataque químico direto

Também é chamado de corrosão química pura; é um ataque resultante da exposição direta de uma superfície, exposta a um líquido cáustico ou agentes gasosos. No ataque químico direto, as transformações anódicas e catódicas ocorrem no mesmo ponto, diferindo, portanto, do ataque eletroquímico, onde as transformações ocorrem à distância. Os agentes mais comuns

causadores dos ataques químicos diretos na aeronave são: **a** - O derramamento ou os gases do ácido das baterias; **b** - Resíduos de material de limpeza e de soldagem ou juntas soldadas; **c** - Soluções cáusticas de limpeza retidas. O problema relativo ao ácido e aos gases das baterias está sendo solucionado com o emprego de baterias seladas de níquel-cádmio.

Muitos tipos de fluxos, usados em soldagens são corrosivos, e atacam, quimicamente os metais ou ligas com os quais eles são usados. Por este motivo, é importante que o fluxo residual seja, imediatamente, removido da superfície do metal, após a operação de soldagem.

Os resíduos de fluxo são higroscópicos e, por este motivo, são capazes de captar e absorver umidade. Se não forem cuidadosamente removidos, poderão causar severas avarias.

Soluções cáusticas de limpeza, na forma concentrada, deverão ser mantidas firmemente fechadas e, tão distante, quanto possível, das aeronaves. Algumas soluções de limpeza usadas para remover corrosão são, potencialmente, agentes corrosivos. Particular atenção deverá ser tomada, no sentido de sua total remoção, após o uso na aeronave. Onde houver possibilidade do acúmulo de solução de limpeza, deverá ser usado um agente de limpeza não corrosivo, embora seja de efeito menos eficiente.

Ataque eletroquímico

Um ataque eletroquímico pode ser comparado, quimicamente, com a reação eletrolítica da galvanoplastia, anodização ou de uma bateria alcalina.

A reação deste ataque corrosivo, requer um intermediário, geralmente a água, que é capaz de conduzir a fraca corrente de eletricidade.

O *Lok-Rivet* e o *Lok-Skru* são semelhantes em construção; exceto que o *Lok-Skru* é roscado internamente, para fixar um acessório, usando um parafuso; enquanto que o *Lok-Rivet* não é roscado e só pode ser usado como um rebite.

Tanto o *Lok-Skrus* como o *Lok-Rivet* são instalados da mesma maneira, por esse motivo o texto a seguir para o *Lok-Skrus* também se aplica ao *Lok-Rivet*.

As principais partes de um *Lok-Skru* são o corpo, a cabeça e um parafuso de fixação. Quando um metal, entra em contato com um agente corrosivo e, está também, ligado por um

caminho de líquido ou gases, no qual os elétrons possam fluir, a corrosão começa, enquanto o metal, deteriora-se pela oxidação. Durante o ataque, a quantidade do agente corrosivo é reduzida, caso não seja renovada ou removida, podendo reagir completamente com o metal (torna-se neutralizada).

Diferentes áreas da superfície de um mesmo metal têm diferentes níveis de potencial elétrico e, se estiverem, ligadas por um condutor, como a água salgada, vão se estabelecer séries de células de corrosão; e, a corrosão começará.

Todos os metais e ligas são eletricamente ativos, e têm, um específico potencial elétrico em um determinado ambiente químico. Os elementos que constituem a liga também têm os seus específicos potenciais elétricos, os quais são geralmente diferentes uns dos outros.

A exposição da superfície de uma liga a um ambiente corrosivo, fará com que o metal mais ativo se torne anódico; e o menos ativo, catódico, estabelecendo condições para a corrosão. Esses metais são conhecidos como células locais.

Quanto maior for a diferença de potencial entre os dois metais, maior será a severidade do ataque corrosivo, caso condições apropriadas sejam permitidas para o seu desenvolvimento.

Como pode ser observado, as condições para essas reações corrosivas, são: a condutividade do fluido e, a diferença de potencial entre os metais.

Se porém, através de uma limpeza regular a de um adequado tratamento superficial, o meio for removido e o circuito elétrico for eliminado, a corrosão não poderá ocorrer; esta é a base de um eficaz controle da corrosão.

O ataque eletroquímico é responsável pela maior parte das formas de corrosão na estrutura da aeronave e em seus acessórios.

FORMAS DE CORROSÃO

Há muitas formas de corrosão. Essas dependem do metal envolvido, de seu tamanho e formato, de sua função específica, das condições atmosféricas e da presença de agentes indutores da corrosão.

As que serão descritas nesta seção são mais comuns de serem encontradas em células de aeronaves.

Corrosão superficial

A corrosão superficial aparece como uma rugosidade generalizada, uma mancha ou cavidades minúsculas na superfície do metal, freqüentemente acompanhada do resíduo pulverento dos produtos da corrosão.

A corrosão superficial pode ser causada, tanto pelo ataque químico direto, como pelo eletroquímico. Algumas vezes a corrosão se espalha por baixo da cobertura superficial (como a pintura), e não pode ser percebida, nem pela rugosidade da superfície, nem pelo depósito dos produtos dessa corrosão. Pelo contrário, a pintura ou o recobrimento metálico, podem ser deslocados da superfície em pequenos pedaços, em conseqüência da pressão (ou aumento de volume) causado pelo acúmulo dos produtos da corrosão.

Corrosão entre metais diferentes

Dano extensivo, pela formação de cavidades minúsculas, pode resultar do contato entre metais diferentes na presença de um condutor. Conquanto, possa haver ou não, corrosão superficial, a ação galvânica, parecida com a eletrodeposição, ocorre nos pontos ou áreas de contato, onde o isolamento foi rompido ou simplesmente não foi colocado. Este ataque eletroquímico pode ser muito severo e perigoso; porque, sua ação, na maioria das vezes, irrompe fora da visão comum, e o único meio de detetá-la, antes que ocorra uma falha estrutural, é através da desmontagem e separação das partes e sua inspeção.

Corrosão intergranular

Esse tipo de corrosão é um ataque em torno dos grãos de uma liga e, comumente, resulta na perda da uniformidade na estrutura da liga. Ligas de alumínio e algumas ligas do aço inoxidável, são, particularmente, suscetíveis dessa forma de ataque eletroquímico. Esta falta de uniformidade é causada por modificações que ocorrem na liga durante o aquecimento e resfriamento.

A corrosão intergranular pode existir sem evidência visível na superfície. A corrosão intergranular muito severa pode, algumas vezes, causar a "exfoliação" da superfície do metal. Ou seja: a superfície começa a ficar estufada e

descamada em flocos; conseqüência da delaminação, cujo causa é a pressão dos resíduos da corrosão em torno do grão, a medida que são formados.

Este tipo de corrosão é difícil de ser detetado em seu estágio inicial. Métodos de inspeção com ultra-som e "*Eddy current*" são usados com grande margem de acertos.

Corrosão sob tensão fraturante (*stress*)

A corrosão, sob tensão fraturante, ocorre como o resultado do efeito combinado de cargas de tensão residual e meio ambiente corrosivo.

Trincas ou rachaduras típicas de corrosão por tensão fraturante são encontradas em muitos tipos de metal; entretanto, é particularmente característico do alumínio, cobre e certos tipos de aço inoxidável, e de ligas de aço de alta resistência (acima de 240.000 libras por polegada quadrada). Geralmente, ocorre ao longo de trechos trabalhados à frio (laminados à frio, extrudados à frio, etc.) e pode ser de natureza intergranular ou transgranular (dentro do grão ou na vizinhança entre os grãos).

São suscetíveis de trincas por corrosão sob tensão fraturante, balancins de liga de alumínio com buchas deslizantes prensadas neles, suporte do amortecedor do trem de pouso com acionamento e travamento por parafuso engraxado, juntas ou emendas travadas com pinos "Clevis", prendedores retráteis, etc.

Corrosão por atrito (*FRETTING*)

A corrosão por atrito ("fretting") é uma forma particularmente danosa de ataque corrosivo, que ocorre quando duas superfícies estão em contato uma com a outra, havendo pressão entre as duas, sujeitas a um ligeiro movimento relativo.

Essa corrosão é caracterizada pela rugosidade das duas superfícies e pelo acúmulo considerável de limalha fria. Como o curso do movimento relativo é muito pequeno, a limalha encontra dificuldade para ser expulsa da área de contato, incrementando a abrasão entre as superfícies significativamente.

A presença de vapor d'água aumenta muito esse tipo de deterioração. Se as áreas de contato são pequenas e afiladas, sulcos profundos, parecendo terem sido feitos a punção, podem aparecer nessas superfícies.

FATORES QUE AFETAM A CORROSÃO

Muitos fatores afetam o tipo, a velocidade, a causa e a gravidade da corrosão dos metais. Alguns desses fatores podem ser controlados; outros, não.

Clima

As condições ambientais, sob as quais uma aeronave é mantida e operada, afetam muito as características da corrosão. Em ambiente predominantemente marítimo (com exposição à água do mar e ao ar marinho), com ar carregado de umidade, é consideravelmente mais danoso para uma aeronave do que se todas as operações fossem conduzidas em clima seco.

As considerações sobre a temperatura são importantes porque a velocidade do ataque eletroquímico aumenta com o calor, em climas úmidos.

Tamanho e tipo de metal

É bastante conhecido o fato de que alguns metais são mais facilmente atacáveis pela corrosão do que outros.

É, porém, menos conhecido, o fato de que variações no tamanho e na forma do objeto metálico, indiretamente afetam sua resistência à corrosão.

Seções estruturais, com paredes grossas, são mais suscetíveis ao ataque corrosivo que as de paredes finas, porque, as variações nas características físicas são maiores.

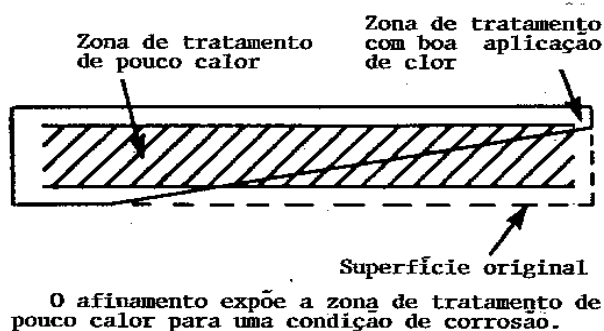


Figura 6-59 Efeito da usinagem em grossa ligas de alumínio forjado tratadas a quente.

Quando peças grandes são trabalhadas (à frio ou à quente) ou usinadas quimicamente, após terem recebido tratamento térmico, as se-

ções de paredes mais finas terão características físicas diferentes daquelas de paredes mais grossas (vide Figura 6-59).

Do ponto de vista do controle da corrosão, a melhor aproximação é reconhecer a natureza íntima (metalografia) e a resistência (características mecânicas) dos principais componentes estruturais, e manter proteção permanente sobre tais áreas, para prevenir o início da deterioração.

Presença de material estranho

Dentre os fatores controláveis, os quais afetam o início e o prosseguimento do ataque corrosivo, estão os materiais estranhos que se aderem à superfície do metal:

Como tais materiais estranhos, temos incluídos:

1. Terra e poeira do ar;
2. Óleo, graxa e resíduos do escapamento do motor;
3. Água salgada e condensação de ar saturado de água salgada;
4. Respingos ácidos da bateria e soluções cáusticas de limpeza; e
5. Resíduos de fluxos de soldagem (de vários tipos).

É importante que a aeronave seja mantida limpa. A frequência e a extensão com que uma aeronave deva ser limpa depende de vários fatores, tais como: localização, modelo da aeronave e tipo de operação.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Muito tem sido feito para melhorar a resistência à corrosão da aeronave: materiais mais bem selecionados, tratamentos superficiais, isolamento e acabamentos de proteção. Tudo isso teve como alvo a redução dos trabalhos de manutenção, bem como o incremento da confiabilidade. Destarte dessa melhora, a corrosão e seu controle é um problema real, que demanda manutenção preventiva contínua.

A manutenção preventiva da corrosão inclui as seguintes funções específicas:

- (1) Uma limpeza adequada;
- (2) Cuidadosa lubrificação periódica;
- (3) Detalhada inspeção, pesquisando a corrosão ou a falha dos sistemas de proteção contra a corrosão.

- (4) Tratamento rápido da corrosão e retoque das áreas pintadas danificadas;
- (5) Manutenção dos orifícios dos drenos desobstruídos;
- (6) Drenagem diária dos drenos de cada tanque de combustível;
- (7) Limpeza diária de áreas críticas expostas;
- (8) Vedação da aeronave contra água durante mau tempo e ventilação apropriada nos dias de bom tempo;
- (9) Fazer máximo uso de proteção (cobertura) nas aeronaves estacionadas.

Após qualquer período, em que a manutenção preventiva contra a corrosão é interrompida, uma quantidade maior de manutenção será geralmente necessária para reparar no mesmo nível de proteção, como tinha anteriormente.

INSPEÇÃO

Inspecionar para descobrir a corrosão é um processo contínuo e deve ser conduzido como um assunto diário. Dar muita ênfase a um problema específico de corrosão para, posteriormente, relegá-lo ao segundo plano, costuma ser uma prática insegura, custosa e que trará mais problemas adiante.

A maioria das listas de verificação dos planos de manutenção aprovados, são abrangentes o bastante para cobrir todas as peças da aeronave ou do seu motor e, nada, do que nela consta deve ser deixada sem inspeção.

Use esta lista de verificação como um guia geral, quando uma área específica for inspecionada quanto à corrosão, porventura existente.

Através da experiência percebe-se que a maioria das aeronaves possuem áreas específicas, onde há problemas com corrosão, a despeito das inspeções de rotina.

Junto às inspeções de rotina, aeronaves anfíbias ou hidroaviões devem se submeter a inspeções diárias e, as áreas críticas, limpas e tratadas, como necessário.

ÁREAS PROPENSAS À CORROSÃO

Serão discutidas nessa seção, as áreas típicas de problemas de corrosão na maioria das aeronaves. Entretanto, a discussão não será necessariamente completa e pode ser ampliada, ou expandida, para cobrir as características especiais de um particular modelo de aeronave, conforme referência de seu manual de manutenção.

Áreas posteriores aos dutos de escapamento

Tanto nos motores a jato como nos de pistão, os depósitos provenientes da exaustão são muitos corrosivos e causam problemas específicos, quando, descontinuidades, sulcos, dobradiças e carenagens estão localizadas em áreas posteriores aos dutos de escapamento desses motores, tal que depósitos possam ser formados e não possam ser alcançados pelos métodos normais de limpeza.

Atenção especial deve ser dada nas áreas em torno da cabeça dos rebites e nas juntas das chapas. Carenagens e janelas de inspeção nas áreas de exaustão devem ser removidas para inspeção.

Depósitos formados pela exaustão em áreas remotas, tais como as superfícies das empenagens, não devem ser negligenciadas.

O acúmulo de resíduos sobre essas áreas será lento-, algumas vezes pode até não ocorrer, mas freqüentemente tem se tornado um problema para algumas das aeronaves em uso.

Compartimentos das baterias e orifícios de ventilação da bateria

A despeito do aperfeiçoamento das pinturas de proteção e nos métodos de vedação e aeração, os compartimentos das baterias continuam a ser áreas com problemas de corrosão. Vapores de eletrólito superaquecidos são difíceis de contenção e se espalham pelas áreas adjacentes, causando um rápido ataque corrosivo em todas as superfícies metálicas desprotegidas..

Orifícios de ventilação da bateria na superfície (revestimento) da aeronave devem ser incluídos nos procedimentos de inspeção nos compartimentos das baterias.

Uma limpeza regular e a neutralização dos depósitos ácidos irão diminuir a corrosão.

Partes inferiores

Estas são o depósito natural para óleo hidráulico usado, água, sujeira, e toda sorte de pedacinhos. Óleo residual, com freqüência, encobre pequenas quantidades de água que migram para o fundo da aeronave (abaixo do piso) e dão início a uma célula química escondida. As partes inferiores dos hidroaviões e aviões anfíbios são protegidas por pequenos sacos de di-

cromato de potássio, um inibidor da corrosão, suspensos próximos aos pontos mais baixos de cada compartimento inferior. Esses cristais dissolvem-se em qualquer água residual, e tendem a inibir o ataque em superfícies expostas do metal.

Os procedimentos de inspeção devem incluir a substituição desses saquinhos, quando a maior parte do agente químico tiver sido dissolvida. Atenção particular deve ser dada para áreas localizadas sob as "galleys" (espécie de cozinha onde são preparados os lanches) e banheiros, especialmente, na área sob os dutos, por onde são retirados os dejetos humanos.

Esses dejetos, associados aos produtos químicos, usados nos banheiros, são muitos corrosivos para os metais comumente usados nos aviões. É imprescindível que, freqüentemente, essas áreas sejam limpas e a pintura sempre retocada.

Alojamento do trem de pouso e das rodas

Provavelmente esta área recebe mais agressão que qualquer outra, devido à lama, água, sal, cascalho, dentre outros materiais estranhos à aeronave.

Por causa das várias reentrâncias e saliências, montagens e prendedores, fica difícil aplicar e manter uma camada de tinta nessa área.

A aplicação de produtos preservativos tende mais a disfarçar a corrosão do que preveni-la.

Devido ao calor gerado pela ação dos freios, os produtos preservativos não podem ser usados nas rodas do trem de pouso principal. Durante uma inspeção destas áreas, dê particular atenção aos seguintes pontos problemáticos:

1. Rodas de magnésio, especialmente em torno das cabeças dos parafusos, das fixações ao trem de pouso, etc., especialmente quanto à presença de água residual e seus efeitos;
2. Tubos rígidos expostos, especialmente nas ferragens ou reforçadores com dobras de reforço ("*lips*"), embaixo dos prendedores e das etiquetas de identificação coladas.
3. Microinterruptores ("*microswitches*") ou transdutores de posição e outros equipamentos elétricos; e

4. Juntas entre reforçadores, cavernas e partes inferiores das superfícies de revestimento, que são típicos locais de acumulação de água e resíduos.

Áreas de acumulação de água

Especificações de projeto exigem que as aeronaves tenham drenos instalados em todas as áreas, onde a água possa ficar acumulada. Inspeções diárias dos drenos dos pontos baixos devem ser um requisito padrão.

Caso essa inspeção seja negligenciada, os drenos podem se tornar ineficazes, por causa do acúmulo de sujeira, graxa ou selantes.

Área frontal dos motores e tomadas de ar de ventilação

Essas áreas são constantemente agredidas por sujeira e pó, pedacinhos de cascalho das pistas, como também da erosão da chuva, que tendem a remover o acabamento de proteção.

Inspeções nessas áreas devem incluir todas as partes por onde circula o ar forçado (pelas hélices) de ventilação, com especial atenção aos lugares onde os depósitos de sal possam se acumular durante as operações próximas ao mar. É imperativo que a corrosão inicial seja inibida e que o retoque da pintura e a camada mais forte da proteção anticorrosiva seja mantida intacta, sobre as superfícies adjacentes ao motor, especialmente no caso de hidroaviões e aviões anfíbios.

Alojamentos dos flapes de asa e "*Spoilers*"

Sujeira e água podem ficar acumuladas nos alojamentos dos flapes de asa e "*spoilers*", e lá permaneceram despercebidas, porque estes dispositivos ficam normalmente recolhidos. Por esta razão, estes alojamentos são áreas de problemas potenciais de corrosão.

Áreas do revestimento externo

Superfícies externas são prontamente visíveis e acessíveis para inspeção e manutenção. Mesmo nesse caso, curtos tipos de configurações ou combinações de materiais tornam-se problemáticos sob certas condições de operação e exigem especial atenção.

Relativamente pouca corrosão é experimentada com revestimento de magnésio se a superfície original for revestida, isolada e devidamente mantida. Desamassamento, furação e rebitagem destroem parte do tratamento superficial original, o que nunca é completamente restituído através de procedimentos de retoque. Qualquer inspeção de corrosão deve incluir todas as superfícies de magnésio, com especial atenção aos bordos, áreas ao redor dos reforçadores e pinturas trincadas, raspadas ou que foi esquecida de ser aplicada.

Dobradiças como as de tipo igual à tampa do teclado dos pianos são caracterizadas pelo ataque corrosivo, devido ao contato entre a dobradiça de alumínio e o eixo de aço, (metais dissimilares). São também depósitos disponíveis para sujeira, sal e umidade. A inspeção desse tipo de dobradiça (e também de outros tipos) deve incluir a lubrificação e a movimentação da mesma, com o propósito de se assegurar que houve uma completa penetração do lubrificante.

A corrosão do revestimento metálico soldado por pontos (pontado), é consequência da entrada e fixação dos agentes corrosivos entre as camadas de metal. Esse tipo de corrosão é evidenciado pela presença de produtos da corrosão nas fendas por onde entra o agente corrosivo.

Quanto mais avançado segue a corrosão, maior o estufamento da fenda, causando, inclusive, rompimento no ponto de soldagem. O estufamento do revestimento nos seus estágios iniciais pode ser detectado observando-se ao longo da linha de pontamento, ou usando-se uma lâmina (passada) entre os pontos de soldagem. A única técnica que previne esta condição é o enchimento da fresta com selante ou composto preservativo.

Áreas gerais de problemas

As cabeças dos rotores dos helicópteros e suas caixas de redução além do fato de serem continuamente expostas às intempéries, possuem superfícies de aço sem revestimento, muitas peças externas que se movimentam e contatos entre metais dissimilares. Essas áreas devem ser inspecionadas com frequência para se descobrir se há corrosão. A manutenção apropriada, lubrificação correta e o uso de coberturas preservativas podem prevenir a corrosão nessas áreas.

Todos os cabos de controle, quer simplesmente de aço-carbono ou de aço resistente à corrosão, devem ser inspecionados para se determinar sua condição em cada período de inspeção. Os cabos devem ser analisados quanto à corrosão, escolhendo-se aleatoriamente um pedaço dele e fazendo sua limpeza com um pedaço de pano embebido em solvente. Caso a corrosão externa seja muito evidente, sua tensão deve ser aliviada e deve ser analisado quanto à corrosão interna. Cabos com corrosão interna devem ser substituídos. A corrosão externa leve deve ser removida com escova de aço. Assim que os produtos da corrosão tiverem sido removidos, recubra os cabos com preservativo.

REMOÇÃO DA CORROSÃO

Em geral, qualquer tratamento completo de corrosão envolve o seguinte: (1) Exposição e limpeza da área corroída; (2) remoção da maior parte possível dos resíduos da corrosão; (3) neutralização de qualquer material de limpeza residual nos orifícios e frestas; (4) restauração do revestimento de proteção das superfícies; e (5) aplicação de revestimentos, temporários ou definitivos, ou de pintura de acabamento.

Os parágrafos seguintes tratam da corrosão dos efeitos da corrosão nas superfícies das aeronaves e de seus componentes, onde a deterioração não tenha progredido a ponto de necessitar nova usinagem ou reparo estrutural da peça envolvida.

Remoção da pintura e limpeza da superfície

A remoção da corrosão, necessariamente inclui, a remoção do acabamento da superfície que cobre a área atacada, ou suspeita de ter sido atacada pela corrosão. A fim de assumir a máxima eficiência do composto decapante, a área deve ser limpa de graxa, óleo, sujeira ou preservativos. Essa operação preliminar de limpeza é também um auxílio na determinação da extensão do ataque corrosivo, desde que a operação de decapagem seja conduzida da superfície para as partes mais fundas, até o limite do ataque corrosivo.

O espalhamento de uma corrosão extensiva deve ser corrigido pelo completo tratamento de toda a seção atingida.

A seleção do tipo de produtos a serem usados na limpeza irá depender da natureza do

material a ser removido. Solventes para limpeza à seco podem ser usados para remover óleo, graxa e compostos leves de preservação. Para os trabalhos pesados de remoção de preservativos ressecados ou espessos, outros compostos do tipo emulsão (solvente) estão disponíveis.

O uso de decapante de emprego geral, lavável em água, é recomendável para a maioria das aplicações. Onde for aplicável, a remoção de tinta de qualquer superfície grande, deve ser realizada em ambiente aberto e, preferencialmente, em área sombreada (não deve ser realizada ao sol).

Caso seja necessário remover a corrosão em ambiente fechado, uma ventilação adequada deve ser providenciada. Superfícies de objetos de borracha sintética (pneus de avião, tela de algodão e acrílico) devem ser cuidadosamente protegidos contra possível contato com removedor de tinta.

Todo cuidado deve ser exercido na aplicação de removedor de tinta próximo a vedadores (de borracha), recipientes de gasolina (tanques) ou os que impeçam a passagem da água; pois, esses removedores tendem a enfraquecer ou destruir a integridade dos selantes (vedadores).

Qualquer abertura pode permitir que o composto de decapagem penetre na aeronave ou em suas cavidades críticas. Os removedores de pintura são tóxicos e contêm ingredientes danosos, tanto à pele quanto aos olhos. Luvas de borracha, aventais de materiais resistentes aos ácidos e óculos de proteção devem ser usados, se qualquer remoção extensiva da pintura for realizada. O que se segue é um procedimento normal para decapagem:

1. Cubra a área inteira a ser tratada com uma cobertura de decapagem na altura de 1/32 a 1/16 de polegada. Qualquer pincel de pintura serve como um aplicador satisfatório, exceto, pelo fato de que parte das suas cerdas serão perdidas pelo efeito do removedor de tinta na sua colagem, além disso, o pincel não deverá ser usado para outros propósitos, após ter sido exposto ao removedor de tinta.
2. Deixe o decapante permanecer na superfície por um intervalo de tempo suficiente para encrestar e levantar a pintura. esse tempo pode variar de 10 minutos a algumas horas, dependendo da temperatura e da unidade, além da condição da pintura a ser removida. Esfregue a superfície com um pincel de cer-

das saturadas com removedor de pintura, para remoção da pintura residual que ainda possa ter permanecido aderida ao metal.

3. Reaplique o decapante, como necessário, em área nas quais a tinta permaneceu ainda fixada à superfície ou, onde o decapante secou, repetindo o processo acima. Somente raspadores não metálicos (plástico, madeira, etc) podem ser usados para ajudar na remoção de pinturas de acabamento.
4. Remova a tinta retirada e o decapante residual, lavando e escovando a superfície com água e um pincel ou escova (vassourinha). Se for disponível a pulverização de água sob pressão, use-a diretamente sobre o pincel ou escova, com pressão baixa ou média. Caso esteja disponível um equipamento de limpeza e, a superfície seja suficientemente grande, a limpeza pode ser realizada usando esse equipamento junto com uma solução de composto para limpeza sob pressão. em área pequena, qualquer método pode ser usado, desde que assegure a completa lavagem da área decapada.

CORROSÃO DE METAIS FERROSOS

Um dos tipos mais familiares de corrosão é o óxido de ferro (ferrugem), geralmente o resultado da oxidação atmosférica das superfícies de aço. Certos tipos de óxidos metálicos protegem a superfície do metal base, imediatamente, abaixo da camada de óxido, mas a ferrugem, absolutamente não é uma cobertura de proteção.

Sua presença, na verdade, suplementa esse ataque na medida em que atrai a umidade do ar e age como um catalizador. Em consequência, toda a ferrugem deve ser removida das superfícies de aço, a medida que o controle completo da corrosão é levada a termo.

A ferrugem primeiro aparece na cabeça dos parafusos, porcas fixadas em partes baixas; ou, outra parte estrutural desprotegida da aeronave. Sua presença nessa área não é perigosa e não tem efeitos imediatos na resistência estrutural de quaisquer de seus grandes componentes. Entretanto, é uma indicação da necessidade de manutenção e de um possível ataque corrosivo das principais áreas críticas. É também um detalhe na aparência geral do equipamento. quando ocorre falha na pintura ou um dano (mecânico), superfícies de aço são expostas e submetidas a

grandes esforços à atmosfera, mesmo uma quantidade muito pequena de ferrugem, é potencialmente perigosa nessas áreas, e deve ser removida e controlada.

Remoção mecânica da ferrugem

O meio mais prático de controle da corrosão de peças de aço é a completa remoção dos produtos da corrosão, por meios mecânicos, e sua recuperação e proteção através de recobrimentos preventivos contra a corrosão. Exceto em superfícies altamente solicitadas quanto a esforços de aço, o uso de lixas ou compostos abrasivos, pequenos polidores e compostos de polimento, escovas de aço manuais ou palha-de-aço (lã-de-aço), são todos métodos aceitáveis de limpeza.

Entretanto, deve ser reconhecido que no uso de qualquer desses abrasivos, a ferrugem residual permanecerá no fundo das frestas ou dos pequenos buracos causados pela corrosão. É praticamente impossível remover todos os produtos da corrosão somente por métodos de abrasão ou de polimento. Como consequência, desde que uma parte já tenha sido enferrujada uma vez, ela será corroída depois, mais facilmente.

Tratamento químico das superfícies de aço

Há métodos aprovados para a conversão de ferrugem ativa em fosfatos ou outras coberturas protetoras. O uso de compostos químicos à base de ácido fosfórico é um exemplo de tais tratamentos. Entretanto, esses equipamentos necessitam de instalações especiais em oficinas, e são impraticáveis para serviços externos. Outros compostos comerciais são eficientes conversores de ferrugem, onde não sejam exigidos serviços perfeitos e, onde uma cuidadosa lavagem e neutralização dos ácidos residuais seja possível.

Essas aplicações não são geralmente utilizáveis para aeronaves (mas para suas partes isoladas), posto que sua aplicação pode permitir que haja penetração do composto entre duas partes emendadas de uma montagem, o que é não somente indesejável como perigoso. Esse perigo da infiltração do composto e, as consequências de um ataque descontrolado, que possa ocorrer, quando tais produtos são usados em serviços externos (fora da oficina) sobrepassa a qualquer vantagem a ser ganha com seu uso.

Remoção da corrosão das partes e das peças submetidas a esforços elevados

Qualquer indício de corrosão na superfície das partes e das peças de aço, submetidas a esforços elevados, são potencialmente perigosas. Uma cuidadosa remoção dos produtos da corrosão é exigida. Riscos na superfície ou mudança de sua estrutura interna (degeneração da estrutura cristalina), em função de superaquecimento do metal, podem também ser a causa de uma súbita falha dessas peças ou partes.

Produtos da corrosão devem ser removidos cuidadosamente, usando-se lixa fina de óxido de alumínio ou composto de polimento finos, aplicados à politriz. É fundamental que durante o polimento à máquina (politriz), não se permita que, por atrito, a superfície se aqueça demasiadamente. Após a remoção cuidadosa da corrosão superficial, acabamentos com tintas protetoras devem ser aplicados imediatamente.

CORROSÃO DO ALUMÍNIO E DE SUAS LIGAS

Os ataques corrosivos nas superfícies de alumínio são geralmente bastante evidentes, uma vez que os produtos da corrosão são de cor branca e de volume maior que o metal base. Mesmo em seus estágios iniciais, a corrosão do alumínio torna-se evidente como uma mancha, "pits" (furinhos cônicos) ou rugosidade na superfície do alumínio.

NOTA: ligas de alumínio comumente formam uma suave oxidação superficial (geralmente de 0,001 a 0,0025 polegada de espessura), o que não é considerado degenerativo, uma vez que essa camada de óxido formada, age como uma forte barreira contra a introdução de elementos corrosivos.

Tal tipo de oxidação não deve ser confundido com aquela corrosão severa a ser discutida nos próximos parágrafos.

O ataque genérico das superfícies de alumínio penetra relativamente devagar, mas pode ser acelerado na presença de sais dissolvidos. Um ataque considerável pode ter lugar, sem que haja perda considerável da resistência estrutural em andamento. Entretanto, pelo menos três formas de ataque às ligas de alumínio são particularmente sérias: (1) A corrosão tipo "pit" (furinhos cônicos) profunda, através das

paredes dos tubos de alumínio. (2) A corrosão sob tensão fraturante, trincando e rachando os materiais submetidos a esforços contínuos; e (3) A corrosão intergranular, característica de ligas de alumínio tratadas termicamente de maneira indevida.

Em geral, a corrosão do alumínio pode ser tratada com mais eficiência do que a corrosão que ocorre em outros materiais estruturais usados em aeronaves. Esse tratamento inclui: a remoção mecânica dos produtos, gerados pela corrosão; e a neutralização e inibição do processo corrosivo, seguida pela restauração da cobertura protetora da superfície.

Tratamento das superfícies de alumínio sem pintura

O alumínio puro tem relativamente mais resistência à corrosão, comparado com as suas ligas, com maior resistência mecânica. Tira-se partido dessa realidade para se laminar uma fina camada de alumínio puro sobre as duas faces de uma chapa, relativamente mais grossa, de uma liga de alumínio com alta resistência mecânica. Esse processo metalúrgico é chamado de "*CLADDING*" ou "*ALCLAD*". A proteção assim obtida é boa e a superfície pode ser até polida. Quando, porém, da limpeza dessa superfície, cuidados devem ser tomados para evitar o desgaste da parte metálica protetora (alumínio puro), ou sua remoção mecânica, com a conseqüente exposição da liga metálica. Uma seqüência típica para tratamento da corrosão em alumínio é a que se segue:

1. Remova o óleo e a sujeira da superfície com um produto suave de limpeza, antes de limpá-la com um produto abrasivo.
2. Dê início ao polimento das áreas corroídas com abrasivo fino ou polidor de metais. O polidor de metais, usado em superfícies de aeronave de "*ALCLAD*", não deve ser usado em alumínio anodizado, uma vez que esse produto é capaz de remover o filme da proteção por anodização. Ele realmente remove manchas e produz um alto polimento sobre superfícies não pintadas de "*ALCLAD*". Caso a superfície seja difícil de limpar, um composto para limpar, e para lustrar pode ser usado antes do polimento, para reduzir o tempo e o esforço necessário para a obtenção de uma superfície limpa.

3. Trate de qualquer corrosão superficial presente, esfregando-a com material inibidor da corrosão. Um procedimento alternativo é o emprego de solução de dicromato de sódio e de trióxido de cromo. Deixe essa solução permanecer na área corroída por 5 a 20 minutos; depois seque a área com panos limpos.
4. Recubra a superfície polida com graxa à prova d'água.

As superfícies de alumínio, que venham a ser posteriormente pintadas, podem ser submetidas a procedimentos de limpeza mais severos, como também pode ser prestado um tratamento corretivo mais cuidadoso antes da pintura. É usada a seguinte seqüência:

1. Limpe cuidadosamente as superfícies afetadas de todos os resíduos de graxa ou terra, antes de mais nada. Qualquer procedimento geral para limpeza de aeronaves pode ser usado.
2. Caso permaneçam resíduos de partes pintadas, decape a área a ser tratada. Procedimentos para o uso de removedores de pintura e as precauções a serem tomadas, já foram previamente abordadas no capítulo referente à "Limpeza das superfícies e remoção de pintura".
3. Trate a superfície das áreas corroídas com uma solução de ácido crômico e ácido sulfúrico a 10%. Aplique a solução com pincel ou escova. Esfregue a área corroída com uma escova, enquanto ainda estiver úmida. Embora, o ácido crômico seja um bom inibidor para ligas de alumínio e, mesmo que, nem todos os produtos da corrosão tenham sido completamente removidos, é importante que a solução penetre fundo em todas as cavidades ("*pits*"), por baixo de toda a corrosão que possa estar presente. Cuidadosa esfregadela com uma escova de fibra dura deve dissolver ou remover a maior parte da corrosão existente, e assegurar completa penetração do agente inibidor dentro das frestas e cavidades. Permita que o ácido crômico permaneça cinco minutos, pelo menos, no local; então, remova o excesso com jato d'água ou esfregue um tecido úmido. Há diversos compostos químicos comerciais para tratamento de superfícies, semelhantes ao ti-

po descrito anteriormente, os quais também podem ser usados.

4. Seque a superfície tratada e restitua a cobertura de proteção permanente recomendada, conforme sugerido pelos procedimentos estabelecidos pelo fabricante do avião. A restauração de qualquer proteção por pintura deve ser feita, imediatamente, após a realização de tratamento superficial.

Em qualquer caso, tenha certeza que o tratamento anticorrosivo será realizado ou reaplicado no mesmo dia em que também for programada a pintura de acabamento.

Tratamento de superfícies anodizadas

Conforme previamente estabelecido, a anodização é um tratamento de superfície comum às ligas de alumínio. Quando esta cobertura for danificada em serviço, somente poderá ser parcialmente recuperada por tratamento químico da superfície.

Por essa razão, qualquer reparo em superfície anodizada, que tenha sofrido ataque corrosivo, deve-se evitar a destruição da película de óxido da área que não tenha sido afetada. Evite o uso de palha-de-aço (ou lâ-de-aço), escovas de aço ou materiais muito abrasivos.

Lã-de-alumínio, escovas com cerdas de alumínio ou escovas de fibras rígidas são as ferramentas aprovadas para a limpeza de superfícies anodizadas com corrosão.

Deve ser tomado o necessário cuidado, em qualquer processo, para ser evitado o desgaste das películas de proteção em áreas adjacentes.

Tome todos os cuidados para manter o máximo possível da cobertura de proteção em áreas não afetadas pela corrosão.

Por outro lado, trate as superfícies anodizadas do mesmo modo que outros acabamentos de proteção para o alumínio. O ácido crômico e, outros tratamentos inibidores da corrosão, tendem a recompor a película de óxido (de alumínio) protetora.

Tratamento da corrosão intergranular em superfície de ligas de alumínio tratadas a quente

Como já foi descrito, a corrosão intergranular é um ataque que ocorre na vizi-

nhança do grão metálico da liga de alumínio, que foi imprópria ou indevidamente tratada a quente, resultando na precipitação de diferentes constituintes após o tratamento térmico. Na sua forma mais grave, realmente acaba ocorrendo separação da camada de metal ou esfoliação. Uma limpeza mais profunda é uma necessidade, quando a corrosão intergranular se faz presente.

A remoção mecânica de todos os produtos da corrosão, bem como das camadas de metal delaminadas, deve ser levada a termo, para determinar a extensão da destruição e para avaliar a resistência estrutural remanescente do componente.

A profundidade da corrosão, bem como os limites possíveis de remoção de material, devem ser estabelecidos para cada aeronave. Qualquer perda de resistência estrutural deve ser avaliada antes do reparo, ou substituição da peça, ou componente.

CORROSÃO DAS LIGAS DE MAGNÉSIO

O magnésio é, dos metais usados na construção aeronáutica, o mais quimicamente ativo; assim sendo, é também o mais difícil de ser protegido.

Quando uma falha na cobertura protetora ocorre, a correção imediata e plena dessa falha é um imperativo para que se evite um sério dano estrutural.

O ataque corrosivo ao magnésio é, provavelmente, o mais fácil tipo de corrosão a ser detetado em seus estágios iniciais, posto que os produtos gerados durante o processo corrosivo, ocupam um volume várias vezes maior que o metal original destruído.

O ataque inicial é mostrado pelo levantamento da pintura (descolamento) e pelo aparecimento de manchas brancas na superfície do metal.

O seu desenvolvimento é rápido, formando produtos como "montículos de neve". Sua proteção envolve a remoção dos produtos da corrosão, a restauração parcial da cobertura de proteção através de tratamento químico; e a reaplicação da cobertura de proteção.

Tratamento de forjados e de perfis conformados a partir de chapas de magnésio

O ataque corrosivo ao revestimento (chapa) de magnésio, geralmente começa pelas

bordas desse revestimento, por baixo das arruelas dos rebites ou parafusos de fixação, ou em partes da chapa submetidas a excessiva deformação mecânica causada por cisalhamento (corte por tesoura), furação, abrasão ou impacto. Caso o pedaço da chapa corroída possa ser facilmente removido, isso deve ser feito para assegurar o completo bloqueio do processo corrosivo.

Se houver arruelas de isolamento, seus respectivos parafusos devem ser afrouxados, pelo menos, para permitir a limpeza por escova ou pincel, por baixo dessa arruela.

A remoção completa, por meios mecânicos, dos produtos da corrosão deve ser levada a termo, tanto quanto praticável.

Tal limpeza deve ser limitada a ferramentas não metálicas (plástico, borracha), particularmente se o tratamento for feito na pista (fora do hangar ou oficina). Qualquer resíduo de partículas de aço, oriunda de escovas ou de ferramentas de aço, ou esfregamento excessivo por sujeira abrasiva, podem causar mais problemas que o ataque corrosivo inicial.

O magnésio corroído, geralmente, pode ser tratado da seguinte maneira:

1. Retire a tinta e limpe a área a ser tratada (procedimentos para retirada da pintura estão desenvolvidos no início desse capítulo).
2. Usando uma escova de cerdas curtas e duras, vá espalhando e removendo, simultaneamente, os produtos da corrosão, tanto quanto possível. Escovas de arame de aço, rebolos ou ferramentas de corte (de aço) não devem ser usadas.
3. Trate a área corroída com uma solução generosa de ácido crômico, ao qual foi adicionado uma fração de ácido sulfúrico, esfregando a área onde se concentram as cavidades e rugosidades causadas pela corrosão, enquanto ainda úmida de ácido crômico, sempre usando uma escova não metálica.
4. Deixe o ácido crômico permanecer por 5, até 20 minutos, antes de enxugar o excesso com um tecido suave e limpo. Entretanto, não deixe que o excesso de solução seque e permaneça na superfície, posto que tais depósitos prejudicarão a aderência da pintura posteriormente.
5. Tão logo as superfícies estejam secas, retoque a pintura protetora original.

Tratamento das peças/partes existentes fabricadas com magnésio fundido

Peças de magnésio fundido, em geral, são mais porosas e mais propensas ao ataque corrosivo que os revestimentos de magnésio laminado (ou peças conformadas). Entretanto, para todos os propósitos, o tratamento é o mesmo. Carcaças de motor, balancins, fixações, carenagens diversas e alças são as peças mais comumente fabricadas com magnésio fundido.

Quando o ataque corrosivo incide em uma peça de magnésio fundido, o mais rápido método de tratamento deve ser iniciado; caso se deseje evitar uma corrosão perigosa. Realmente, carcaças de motor submersas em água salgada por uma noite, podem estar completamente comprometidas.

Se isso acontecer, a peça deve ser desmontada e separada, para permitir um bloqueio ao avanço da corrosão, além de prevenir um posterior progresso dessa corrosão. A mesma seqüência de tratamento geral empregada no parágrafo anterior para revestimento (laminado) de magnésio, deve ser seguida em se tratando de peças fundidas.

Caso haja necessidade de uma remoção muito extensa dos produtos da corrosão de peças estruturais, feitas com magnésio fundido; a posição do fabricante, acerca da resistência residual remanescente, será muito importante. Manuais de reparos estruturais específicos, geralmente envolvem limites dimensionais de tolerância para membros críticos de estruturas e devem ser conhecidos, caso qualquer questão sobre segurança esteja envolvida.

TRATAMENTO ANTICORROSIVO DO TITÂNIO E DE SUAS LIGAS

O ataque corrosivo às superfícies de titânio, é, geralmente, difícil de detecção. O titânio, é, por natureza, altamente resistente à corrosão, mas pode apresentar deterioração quando da ocorrência de depósitos de sal e impurezas de metal, particularmente em altas temperaturas. Assim sendo, a utilização de lâ-de-aço (palha-de-aço), desencrustadores metálicos, escovas de aço para limpeza ou para a remoção de corrosão dos componentes fabricados em titânio é proibida.

Caso as superfícies de titânio necessitem de limpeza, com polimento manual à base de

alumínio (lã-de-alumínio) ou com abrasivo suave somente as escovas de fibra são usadas. Enxugue a superfície tratada com panos secos para remover o excesso de solução, mas não faça lavagem com água.

PROTEÇÃO DO CONTATO ENTRE METAIS DIFERENTES

Certos metais passam a apresentar sinais de corrosão quando colocados em contato com outros metais. É, comumente conhecido como

corrosão eletrolítica ou corrosão entre metais diferentes. Contato entre metais diferentes e sem que haja revestimento protetor em um deles (isolante) e, havendo um ambiente úmido (água ou outro fluido condutor), faz com que seja desenvolvida uma ação eletrolítica (como em uma pilha elétrica). Esse contato, geralmente, faz com que um dos metais seja oxidado (o anodo), decompondo-se num processo semelhante à corrosão.

Dependendo dos metais envolvidos, somente o isolamento (pintura, graxa, verniz, etc.) de um ou ambos os metais, evita a corrosão.

Metals em contato	Liga de alumínio	Banho de cádmio	Banho de zinco	Aço carbono e ligas	Chumbo	Estanhados	Cobre e ligas	Níquel e ligas	Titanio e ligas	Banho de cromo	Aços resist. a corrosão	Ligas de magnésio
Liga de alumínio												
Banho de cádmio												
Banho de zinco												
Aço carbono e ligas												
Chumbo												
Estanhados												
Cobre e ligas												
Níquel e ligas												
Titanio e ligas												
Banho de cromo												
Aços resist. a corrosão												
Ligas de magnésio												

Figura 6-60 Contatos de metais diferentes que resultarão em corrosão eletrolítica

Contatos que não envolvem magnésio

Para prevenir ou evitar contatos entre metais diferentes, não sendo nenhum deles o magnésio (ou suas ligas), utiliza-se a cobertura (pintura) de duas camadas de cromato de zinco antes da tinta base normalmente usada. Sua aplicação é feita por pincel ou pulverização e deve-se aguardar seis horas entre cada demão.

Contatos que envolvem o magnésio

Para prevenir ou evitar contatos entre dos metais diferentes, sendo um deles o magnésio (ou suas ligas), cada um deles é isolado da

seguinte forma: pelo menos duas camadas de cromato de zinco são aplicadas em cada superfície.

A seguir, uma camada de filme de vinyl, 0,003 polegada, sensível à pressão, é suave, mas firmemente aplicado, para evitar as bolhas de ar e as dobras.

Para evitar um posterior encolhimento, o filme é aplicado sem que seja esticado.

Entretanto, onde a espessura do filme interfere com a montagem das peças ou quando é esperado que a peça trabalhe em temperatura relativamente alta (acima de 250° F), não se usa o filme, mas aplicam-se três camadas de tinta base.

LIMITES DA CORROSÃO

A corrosão, mesmo que suave, é um dano. Assim sendo, o dano causado pela corrosão é classificado, segundo quatro tipos padronizados, tal como qualquer outro dano:

- (1) Dano desprezível;
- (2) Dano reparável por um remendo;
- (3) Dano reparável por um reforço; e
- (4) Dano irreparável, necessitando substituição da peça, ou do componente.

O termo "desprezível", como foi usado anteriormente, não quer dizer que pouco ou nada deva ser feito, no sentido de se interromper processo corrosivo ou de se iniciar o reparo. a área corroída deve ser limpa, tratada e pintada como apropriado ao caso. Dano desprezível, geralmente, é a corrosão que tenha riscado ou comido parte da cobertura de proteção e começou a manchar a superfície do metal propriamente dito.

O dano reparável por um remendo entendido ao dano reparável por um reforço, deve ter sua reparação feita conforme o manual de reparo estrutural específico.

Quando, entretanto, o dano exceder aos limites estabelecidos, não sendo possível o reparo, o componente ou a estrutura devem ser substituídos.

MATERIAIS E PROCESSOS USADOS NO CONTROLE DA CORROSÃO

Acabamento do metal

Partes das aeronaves (peças), quase sempre recebem algum tipo de acabamento superficial, dado pelo fabricante. O principal propósito desse acabamento é prover uma resistência à corrosão; entretanto, acabamentos superficiais podem também ser aplicados para aumentar a resistência ao desgaste ou prover uma boa base aderente (primer) para a pintura.

Na maioria dos casos, o acabamento original não pode ser restaurado fora de oficina, devido a dificuldades de utilização do equipamento e de outras limitações. Entretanto, uma boa compreensão sobre os vários tipos de acabamento de metal é necessária, caso deva ser mantido apropriadamente fora da oficina e sejam necessárias técnicas de restauração parcial usadas no controle da corrosão.

Preparação da superfície

Os tratamentos superficiais originais para peças de aço, geralmente, incluem um tratamento de limpeza para remover todos os traços de sujeira, óleo, graxa, óxidos e umidade. É necessário prover uma aderência eficaz, entre a superfície do metal e o acabamento final. O processo de limpeza pode ser, tanto mecânico, quanto químico.

Na limpeza mecânica os seguintes métodos são empregados: escova de aço, palha-de-aço (lã-de-aço), lixa, jato de areia ou jato de vapor.

A limpeza química é preferível em relação à mecânica, uma vez que nada do metal base é removido durante a limpeza. Há vários processos químicos em uso hoje em dia, e o tipo a ser usado vai depender do material a ser limpo, bem como do tipo de matéria estranha a ser removida.

As peças de aço são decapadas para remover crostas, ferrugem ou outros materiais, antes do recobrimento. A solução decapante pode ser tanto o ácido muriático ou ácido sulfúrico.

Considerando-se o custo, o ácido sulfúrico é preferível, sendo porém o ácido muriático mais eficiente para certos tipos de crostas.

A solução decapante é colocada num tanque de cerâmica e, geralmente, é aquecida por resistência elétrica. As peças que não serão submetidas a processos galvânicos, após a decapagem, são imersas em banho de água de cal (alcalino) para neutralizar o ácido da solução decapante.

Eletrolimpeza é um outro tipo de limpeza química usada para remover graxa, óleo ou materiais orgânicos. Nesse processo de limpeza, o metal é posto em suspensão (pó), numa solução alcalina quente, contendo agentes especiais de limpeza, inibidores e materiais, tais que garantam a devida condutividade elétrica. Uma corrente elétrica é, então, passada através da solução de forma similar àquela usada em eletrodeposição metálica.

Peças de alumínio e de magnésio são também limpas usando os métodos já descritos. A limpeza por jateamento (areia, esferas de vidro, até mesmo cereais) não é utilizável para chapas finas de alumínio, especialmente as de "alclad". Menos ainda se forem esferas ou lima-lha de aço, em se tratando de alumínio ou outro metal resistente à corrosão.

O polimento e o tingimento das superfícies metálicas exercem um papel muito importante no acabamento. As operações de polimento são, algumas vezes usadas para preparar a superfície antes de submetê-la a uma eletrodeposição.

Eletrodeposição (galvanoplastia)

A eletrodeposição é o processo de transferência de metal de um objeto para outro, por meios químicos e elétricos. Várias são as razões para se fazer eletrodeposição ou galvanoplastia:

- 1 Para proteger o metal base (metal a ser recoberto) contra a corrosão. Alguns dos metais mais usados para a formação da cobertura protetora sobre outro metal, por ação eletrolítica, são: estanho, zinco, níquel e cádmio.
- 2 Para proteger o metal base contra o desgaste, causado por abrasão ou esfregamento. A cromação (ou cromagem) é muito usada como resistência ao desgaste. A niquelagem também pode ser usada com este propósito.
- 3 Para produzir e conservar uma boa aparência (cor ou lustro), assim como aumentar a resistência ao embaçamento. Recobrimento com ouro, níquel ou cromo, pode ser usado nesse caso.
- 4 Para proteger o metal base contra alguma reação química especial; por exemplo, recobrimento por cobre é algumas vezes usado para prevenir que certas partes de alguns componentes fabricados em aço, as quais não se deseja que absorvam carbono durante o processo de revenimento a que o componente como um todo será submetido, o façam.
- 5 Para aumentar as dimensões de uma peça. Este processo, conhecido como enchimento ("*build up*"), pode ser aplicado a peças acidentalmente usinadas abaixo da medida especificada.
- 6 Para servir como base para posteriores operações de recobrimento eletroquímico (galvanoplastia), reduzir custos de polimento e assegurar brilho a posteriores deposições de níquel e níquel/cromo. O cobre é comumente usado com esse objetivo.

Todos os processos de eletrodeposição são basicamente idênticos. O equipamento a ser usado consiste de um tanque ou banho, conten-

do uma solução líquida chamada de eletrólito, uma fonte de corrente contínua e um painel de controle.

Quando a corrente atravessa um circuito, o material a ser depositado (o metal de recobrimento) sai do eletrodo positivo (pólo positivo) ou anodo. A peça sobre a qual se fará a eletrodeposição é o eletrodo negativo (pólo negativo) ou cátodo.

A fonte de corrente contínua, o anodo, o cátodo e o eletrólito formam o circuito elétrico de recobrimento ou galvânico, que fazem com que minúsculas partículas (ions) do material de cobertura sejam depositadas na superfície da peça a ser recoberta.

O processo é mantido até que o recobrimento atinja a espessura pré-estabelecida. Tanto o eletrólito, quanto o anodo, o cátodo e a corrente do circuito vão variar com o tipo de material de recobrimento que estiver sendo usado.

Algumas operações de recobrimento não usam anodos do metal de cobertura; mas, obtêm esse metal do próprio eletrólito (que vai ficando obviamente mais diluído). Recobrimento com cromo (cromagem ou cromação) é um exemplo desse tipo de recobrimento. Anodos de chumbo, ao invés de anodos de cromo (estes não são satisfatórios), são usados para fechar o circuito elétrico. O cromo metálico para o recobrimento sai do ácido crômico do banho (eletrólito).

Metalização por pulverização

A metalização por pulverização ("metal spraying") é a aplicação de metal fundido sobre uma superfície (base) sólida, por aspensão (borrifamento).

É possível aspergir (borrifar) alumínio, cádmio, cobre, níquel, aço ou qualquer dos vários metais usados no processo. Na indústria aeronáutica, o processo normalmente usado, é a cobertura de aço por alumínio para melhorar sua resistência à corrosão.

O metal da base deve ser preparado (normalmente por jato de areia) e perfeitamente limpo, tal que o metal líquido aspergido adquira perfeita aderência a esse metal base.

O equipamento de aspensão (borrifamento) do metal líquido consiste de um suprimento de oxigênio e de acetileno, conduzido por tubos para uma pistola de pulverização. Essa mistura de gases, é então, posta a queimar (por faísca), transformando essa pistola em maçarico. Ar

comprimido é insuflado através da pistola, acionando simultaneamente um arame de solda em direção à pistola de pulverização. O arame funde-se com o calor da chama oxiacetilênica e é aspergido pelo ar comprimido contra a superfície a ser metalizada.

TRATAMENTOS QUÍMICOS

"Parco Lubrizing"

"Parco Lubrizing" é um tratamento químico para componentes de aço e ferro, o qual induz ao surgimento, na superfície do metal, de uma cobertura à base de fosfato, não-metálico e absorvente de óleo. É projetado, inicialmente, para reduzir o desgaste nas peças móveis.

O processo é uma modificação do "Parkerizing" e consiste de um tratamento de pré-limpeza, no qual o vapor desengraxante, a solução ácida de decapagem ou o "spray" de emulsão são usados, seguindo-se uma submersão por 15 minutos em uma solução (em água) com 10% (em volume) de "Parco Lubrite" (marca comercial). Posteriormente, há uma lavagem e enxágue com água e, nova submersão em óleo solúvel (em água). O fosfato depositado anteriormente na superfície retira o óleo da solução, retendo-o.

Anodização

A anodização é o mais comum dos tratamentos das superfícies, das peças feitas de ligas de alumínio, que não sejam "cladeadas" (feitas de "alclad"). Basicamente, a chapa ou peça forjada (ou fundida) de liga de alumínio é fixada ao pólo positivo de um banho eletrolítico, onde a solução ou banho é composto de ácido crômico (ou outro agente oxidante), o que induz a deposição de uma cobertura de óxido de alumínio sobre a superfície do metal. O óxido de alumínio é naturalmente o seu protetor (da superfície do alumínio), e o processo de anodização tão somente aumenta a espessura e a densidade dessa cobertura natural.

Quando essa cobertura é danificada em serviço, ela pode ser, somente em parte, restaurada por tratamentos químicos da superfície.

Assim sendo, qualquer serviço envolvendo superfícies que foram anodizadas, inclusive remoção de corrosão, deve evitar a destruição desnecessária da cobertura de óxido.

A cobertura deixada pelo processo de anodização revela-se como excelente resistência à corrosão. Porém, essa cobertura é macia e muito fácil de ser raspada (ou arranhada), devendo ser tratada com muito cuidado antes da aplicação da tinta base.

Lã de alumínio e esponja de nylon impregnadas com abrasivo a base de óxido de alumínio ou, escovas com cerdas duras, são aprovadas para a limpeza de superfícies anodizadas. O uso de lâ-de-aço, escovas de aço ou material abrasivo áspero em qualquer superfície de alumínio não é permitido; assim como, realizar um acabamento com polidor ou escova de cerdas de arame, também não é permitido. Afora isso, as superfícies anodizadas, podem ser tratadas do mesmo modo que os outros acabamentos dados às superfícies de alumínio em geral.

Complementarmente às suas qualidades de resistir à corrosão, o recobrimento anódico (anodização) é uma excelente base ("primer") para a pintura. Na maioria dos casos, inclusive, as superfícies são pintadas (com "primer" e acabamento) tão logo ficam prontas no processo de anodização.

A cobertura anódica é um mau condutor elétrico. Assim sendo, caso o componente necessite aterramento ou outro tipo de condutividade elétrica, há necessidade de remoção da camada anodizada no ponto de ligação à fiação.

Superfícies de "alclad", que permanecerão sem pintura, não precisam passar por tratamento anódico; entretanto, se houver intenção de pintá-las, deverão ser anodizadas a fim de se garantir uma boa aderência à tinta.

Alodização

A alodização é um tratamento químico simples para todas as ligas de alumínio, para aumentar a resistência à corrosão e melhorar a aderência da pintura. Por causa da sua simplicidade, está substituindo rapidamente a anodização no reparo de aeronaves.

O processo consiste em uma pré-limpeza, com removedor ácido ou alcalino, aplicado por pulverização ou imersão da peça, que após, é enxaguada com jato d'água por 10 a 15 segundos.

Após certificar-se que a peça foi cuidadosamente enxaguada, "alodine" é aplicado por pulverização, pincelamento ou imersão. Uma

cobertura fina, mas resistente, aparece com uma coloração levemente azul esverdeada, com fraca iridescência (coloração tipo arco-íris, como se fosse gasolina/óleo sobre água), em ligas praticamente sem cobre, até um verde oliva em ligas ricas em cobre.

A peça é, então, lavada com água limpa, fria ou quente, por um período de 15 a 30 segundos. Após, passa por um banho de "DEOXYLYTE". Isso objetiva neutralizar o material alcalino existente, convertendo a superfície de alumínio alodizado para uma situação de ligeira acidez, após a secagem.

Tratamento químico da superfície e inibidores

Como já foi comentado, as ligas de alumínio e de magnésio são protegidas, originalmente, por uma variedade de tratamentos superficiais.

O aço deve ser submetido ao processo "PARCO LUBRIZING" ou ser oxidado de outra forma durante a fabricação.

A maioria dessas coberturas de proteção somente podem ser restauradas através de processos completamente impraticáveis fora da

oficina. Entretanto, área corroídas, onde a cobertura de proteção tenha sido destruída, requerem algum tipo de tratamento antes do acabamento.

Os materiais inibidores a seguir, são particularmente eficazes para tratamento do alumínio fora da oficina, são benéficos para as partes de magnésio expostas e, têm algum valor, até mesmo, para partes de ferro ou aço expostas.

As etiquetas nas embalagens dos produtos químicos para tratamento superficial, informam se o material a ser usado é tóxico ou inflamável.

Entretanto, a etiqueta deve ser bastante grande para acomodar uma lista de todos os possíveis danos que podem acontecer, caso esses materiais venham a ser misturados a substâncias incompatíveis.

Por exemplo: alguns produtos químicos usados em tratamento superficial, podem reagir violentamente, caso inadvertidamente seja misturado com diluente de pintura ("thinner").

Produtos químicos para tratamento superficial devem ser manuseados com extremo cuidado e misturados exatamente de acordo com as instruções.

TIPO DA CORROSÃO	PASSO 1 LIMPEZA PARA REMOÇÃO DE MATÉRIAS ESTRANHAS	PASSO 2 REMOÇÃO DA PINTURA (SE APLICÁVEL)	PASSO 3 REMOÇÃO DA CORROSÃO	PASSO 4 TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE (SE APLICÁVEL)
Pigmentação ou aspereza fraca ou forte do alumínio (Clad).	Remova as matérias estranhas com o composto Espec. MIL-C-25769	Áreas de fácil acesso: use o removedor Esp. MIL-R-25134. Em áreas confinadas: use solvente.	Remova a corrosão com o polidor Espec. MIL-C-25378.	Aplique o cromato de Espec. MIL-C-5541.
Pigmentação ou aspereza fraca ou forte do alumínio (Clad).	Como acima	Como acima	Remova a corrosão por métodos mecânicos ou com o polidor MIL-C-25378.	Como acima
Corrosão intergranular ou desfolhamento do alumínio.	Como acima	Como acima	Remova a corrosão por métodos mecânicos.	Como acima
Corrosão fraca ou forte em pequenas partes de alumínio que podem ser removidas por tratamento.	<u>Partes pintadas</u> Limpe e remova com removedor de tinta e verniz Espec. MIL-R-7751 <u>Partes não pintadas</u> Limpe com composto Espec. P-C-426, MIL-C-5543 ou desengraxante.	<u>Não requerido</u> Se a limpeza foi com removedor de tinta e verniz Espec. MIL-R-7751.	Remova a corrosão e a oxidação pela imersão das partes em uma solução de ácido cromato-fosfórico.	Imersão em cromato Espec. MIL-C-5541
Rachaduras do alumínio por corrosão de tensão.	Não aplicável	Ver passo 1	Ver passo 1	Ver passo 1

Figura 6-61 Procedimentos típicos de remoção e tratamento da corrosão em ligas de alumínio.

Inibidor - ácido crômico

Uma solução a 10% (em massa) de ácido crômico, ativada por uma pequena quantidade de ácido sulfúrico é particularmente eficaz no tratamento de superfícies expostas (corroídas) de alumínio. Pode também ser usada para tratar magnésio corroído.

Este tratamento tende a restaurar a cobertura de óxido protetor na superfície do metal. Tal tratamento deve ser seguido por um acabamento a base de pintura (tinta) normal, tão logo quanto possível, e nunca no dia seguinte, após o tratamento com ácido crômico. Trióxido de cromo em flocos é um agente oxidante enérgico e um ácido relativamente forte. Deve ser guardado separado de produtos combustíveis, como solventes orgânicos. Panos usados na limpeza ou manuseio de ácido crômico, devem ser cuidadosamente lavados após o seu uso; ou, jogados fora.

Solução de dicromato de sódio

Uma mistura menos ativa de produtos químicos para tratamento de superfícies de alumínio é a solução de dicromato de sódio com ácido crômico. Soluções com essa mistura são menos agressivas que soluções de ácido crômico.

Tratamento químico de superfícies

Diversas misturas comerciais, baseadas no ácido crômico ativado, estão disponíveis sob a especificação MIL-C-5541 para tratamento fora da oficina de superfícies de alumínio, corroídas ou danificadas. Precauções devem ser tomadas para se ter certeza de que os panos ou esponjas usadas sejam, cuidadosamente, lavados e enxaguados, a fim de que seja evitado um possível perigo de fogo após a secagem (veja a Figura6-61)

ACABAMENTO COM TINTAS PROTECTORAS

Um acabamento bem feito com tinta protetora é a mais eficiente barreira entre a superfície do metal e o meio corrosivo. Os três tipos de acabamento por pintura, com tinta protetora mais comuns, são a base de: nitrocelulose, nitrocelulose acrílica e epoxy. Complementar-

mente, pigmentos fluorescente de alta visibilidade podem ser usados, combinados com os tipos de acabamento acima. Podem também ser usadas, coberturas resistentes à chuva e à erosão, nos bordos de ataque metálicos, bem como vários tipos de acabamento com verniz, alguns curados a quente, nas carcaças dos motores e nas rodas.

LIMPEZA DA AERONAVE

Limpar uma aeronave e mantê-la limpa é extremamente importante. Uma fixação de trem de pouso trincada, coberta com lama e graxa pode facilmente ficar encoberta. A sujeira pode acobertar trincas no revestimento. Poeira e areia causam desgaste excessivo nas dobradiças (flapes, ailerons) e em outras peças móveis. Uma camada de pó que permaneça sobre o revestimento da aeronave prejudica o desempenho aerodinâmico, além de adicionar um peso a mais.

Sujeira e dejetos sendo revolvidos pelo vento em torno da aeronave são incômodos e perigosos. Pequenos pedaços de sujeira soprados para dentro dos olhos do piloto em uma situação crítica do vôo, podem dar origem a um acidente.

O recobrimento das peças móveis por uma camada de sujeira, misturada à graxa, age como um composto abrasivo que causa um desgaste excessivo. Água salgada produz um efeito corrosivo muito danoso nas partes metálicas expostas da aeronave e, assim sendo, deve ser lavada imediatamente.

Há vários tipos de agentes de limpeza aprovados para serem usados na limpeza da aeronave. Entretanto, não cabe uma discussão específica sobre cada um deles, posto que o uso de cada um deles depende de vários fatores, como o tipo de material (sujeira) a ser removido, o tipo de acabamento da superfície da aeronave, bem como se a limpeza é interna ou externa.

Em geral, os tipos de agentes de limpeza, usados nas aeronaves são solventes, emulsões de limpeza, sabões e detergentes sintéticos. Cada uso deve estar em conformidade com o manual de manutenção aplicável. Os tipos de agentes de limpeza, anteriormente mencionados, são também classificados como sendo suaves ou para serviços pesados. Sabões e detergentes sintéticos são indicados para limpezas suaves, enquanto, solventes e emulsões de limpeza são

indicados para serviços pesados. Não obstante, sempre que possível devem ser usados os produtos de limpeza indicados para serviços suaves, por não serem nem inflamáveis nem tóxicos.

Limpeza exterior

Há três métodos de limpeza exterior em aeronaves:

- (1) Lavagem úmida
- (2) Lavagem seca
- (3) Polimento

O polimento pode ser dividido em polimento manual ou polimento mecânico. O tipo e a extensão da sujeira, bem como a aparência final desejada, é que determinarão o método a ser usado.

A lavagem úmida vai remover o óleo, a graxa ou os depósitos de carvão, assim como a maior parte das sujeiras, com excessão da corrosão e das coberturas por óxidos. Os compostos de limpeza usados são, geralmente, aplicados por pulverização, por jato ou esfregão, após os que são removidos por jato de alta pressão. Produtos de limpeza alcalinos ou por emulsão podem ser usados pelo método de lavagem úmida.

Lavagem a seco é usada para remover poeira, ou pequeno acúmulo de sujeira e terra, quando o uso de líquidos não é, nem desejável nem prático. Este método não é conveniente para a remoção de depósito espessos de carvão, graxa ou óleo, especialmente nas áreas de escapamento do motor.

Produtos empregados em lavagem a seco são aplicados com pulverizador, escovão ou pano, e são removidos também por escovamento ou por panos limpos e secos.

O polimento devolve o brilho às superfícies pintadas ou sem pintura da aeronave e é, geralmente, realizado após a superfície ter sido limpa. O polimento é também usado para remover a oxidação e a corrosão. Produtos usados no polimento estão disponíveis em várias formas ou graus de abrasão. É importante que as instruções do fabricante do avião sejam usadas em aplicações específicas.

A lavagem de uma aeronave deve ser feita à sombra, sempre que possível; posto que os compostos de limpeza tendem a manchar a superfície se a mesma estiver quente, especial-

mente, se esses compostos secarem sobre essa superfície. Não se deve esquecer de tampar todas as aberturas pelas quais a água ou os agentes de limpeza possam penetrar e causar danos.

Várias partes da aeronave, como a carenagem do radar (em geral de plástico reforçado), bem como a parte adiante da cabine de comando, que são recobertas com uma pintura inerte (que não causa interferência no radar ou nos equipamentos de navegação), não devem ser limpas, além do necessário, e não devem nunca ser esfregados com escovas de cerdas duras ou com um trapo grosseiro. Uma esponja suave, ou gaze de algodão, com o mínimo esfregamento manual é o desejável.

Qualquer mancha de óleo ou sujeira do escapamento na superfície, deve ser antes removida com um solvente como o querosene ou outro solvente similar à base de petróleo. As superfícies devem ser imediatamente lavadas e enxaguadas após a limpeza, de forma a ser evitada a secagem dos produtos de limpeza sobre essas superfícies.

Antes de aplicar sabão e água em superfícies de plástico, lave esta superfície com água limpa, para dissolver depósitos de sal, e limpar as partículas de poeira. Superfícies de plástico devem ser lavadas com água e sabão, preferencialmente à mão.

Enxágüe com água limpa e seque com camurça ou algodão hidrófilo. Considerando a fragilidade da superfície do plástico, esta não deve ser esfregada com pano seco, não só pelos riscos e demais danos que podem ser causados, mas principalmente pela eletricidade estática, que surte dessa ação e que atrai partículas de sujeira justamente para essa superfície. A carga elétrica (eletrostática), assim como a poeira aderida, pode ser removida ou evitada, se forem dadas umas pancadinhas suaves; ou, abanadas com uma camurça, limpa e macia.

Em nenhuma hipótese use jato de pó abrasivo ou outro material que possa comprometer o acabamento. Remova óleo e graxa esfregando suavemente com um tecido umedecido com água e sabão. Nunca use acetona, benzina, tetracloreto de carbono, diluidor de tinta ("*thinner*"), limpa-vidros em "*spray*", gasolina, extintor de fogo ou fluido para degelar, posto que esses produtos, via de regra, afetam o plástico, quimicamente, e causam fissuras.

Óleo da superfície, fluido hidráulico, graxa ou combustível podem ser removidos dos

pneus das aeronaves, lavando-os com uma solução de sabão com água (não muito forte).

Após a limpeza, lubrifique com graxa os fixadores, encaixes, dobradiças, etc., onde se suspeita que o lubrificante original tenha sido removido pela lavagem da aeronave.

LIMPEZA DO INTERIOR DA AERONAVE

Manter a aeronave limpa por dentro é tão importante quanto mantê-la limpa por fora. A corrosão pode se estabelecer dentro de uma aeronave de forma mais grave que pela superfície externa, porque dentro da aeronave há mais áreas de acesso difícil, para limpeza. Porcas, parafusos, pontas de fio ou outros objetos metálicos, displicentemente ativados e esquecidos, mais a unidade (como eletrólito), agindo sobre a superfície de um metal diferente, podem causar corrosão eletrolítica.

Quando estiver sendo realizado um serviço na estrutura interna de uma aeronave, devem ser removidos os cavacos e toda a limalha deixada, tão rápido quanto possível. Para tornar a limpeza mais fácil e para prevenir que partículas de metal (cavacos) e limalha penetrem em áreas inacessíveis da aeronave, um tecido felpudo (como estopa, flanela, etc.) pode ser usado embaixo da área onde está sendo realizado o serviço, a fim de ir pegando os cavacos e a limalha à medida que estes são produzidos.

Um aspirador de pó pode ser usado para retirar poeira e sujeira do interior da cabine de comando, e do interior da aeronave (cabine dos passageiros, porões de carga, etc.)

A limpeza do interior das aeronaves apresenta certos problemas durante a sua execução. O requisito básico para o entendimento desses problemas é o fato de que os compartimentos da aeronave são pequenos em termos de cubagem. Esse fato representa a possibilidade de pouca ventilação desses compartimentos e, com isso, a formação de misturas perigosas de vapores inflamáveis com ar, onde tenham sido usados solventes ou outros agentes de limpeza inflamáveis. Caso exista a possibilidade do surgimento de uma fonte de ignição, quer sob a forma de uma falha elétrica, eletricidade estática, atrito entre materiais que produzam faíscas dessa forma, quer sob a forma de qualquer tipo de ignitor, o perigo torna-se maior.

Consequentemente, sempre que possível, agentes de limpeza não inflamáveis devem ser

usados nessa operação para reduzir ao mínimo o tipo perigo (de fogo ou explosão).

Tipos de operações de limpeza

As principais áreas da aeronave que necessitam de limpeza periódica, são:

1. **Área da cabine dos passageiros** - assentos, carpetes, painéis laterais, encosto de cabeça, bagageiros superiores, cortinas, cinzeiros, janelas, painéis biombos de plástico ou madeira.
2. **Áreas da cabine de comando** - os mesmos materiais encontrados na cabine de passageiros, e mais o painel de instrumentos, pedestal das manetas, parabrisas, revestimento do piso, superfícies metálicas dos instrumentos e equipamentos de controle do voo, cabos elétricos e contatos, etc.
3. **Banheiro e cozinha** - os mesmos materiais, como aqueles encontrados na cabine dos passageiros, mais os materiais dos banheiros, com seus acessórios, lixeiras, gabinetes, lavatórios, sanitários, espelhos, formas de aquecimento, etc.

Solventes e agentes não inflamáveis para limpeza da cabine

1. **Detergentes e sabões.** Há amplo espectro de aplicação para a maioria das operações de limpeza, envolvendo tecidos, encosto de cabeça, tapetes, janelas e superfícies similares, que não são suscetíveis a dano quando molhadas, desde que não encolham e nem percam a cor. Cuidados devem ser tomados para que não sejam retirados os sais que foram usados nos produtos empregados, para retardar a propagação das chamas, e que podem ser solúveis em água. A remoção de tais sais pode alterar as características de retardamento da propagação das chamas.
2. **Produtos alcalinos de limpeza.** Muitos desses agentes são solúveis em água e, dessa forma, não tem perigo de causarem incêndio. Podem ser usados em tecidos, encostos de cabeça, tapetes e superfícies semelhantes, do mesmo modo, que sabões e detergentes, considerando porém as características caus-

licas dos produtos, que se por um lado aumentam sua eficiência, por outro tem um maior efeito de deterioração sobre tecidos e plásticos.

3. **Soluções ácidas** - São normalmente soluções ácidas leves destinadas a remoção de fuligem (de carbono) ou manchas de produtos corrosivos (alcalinos). Sendo soluções aquosas, não iniciam a combustão, mas exigem uma utilização judiciosa, não só para prevenir danos aos tecidos, plásticos e outras superfícies, como também à pele e as vestimentas dos aplicadores dos produtos.
4. **Desodorantes e desinfetantes** - Um considerável número de produtos utilizados na desinfecção e desodorização das cabines das aeronaves não são inflamáveis. Muitos deles são projetados para serem aplicados por pulverização (tipo aerossol) e tem um propelente não inflamável, mas é bom sempre verificar cuidadosamente esse detalhe.
5. **Abrasivos** - Alguns abrasivos (pasta para polir) são disponíveis para polir superfícies, pintadas ou desnudas. Cuidados devem ser tomados verificando se há ou não compostos (solventes) inflamáveis na mistura (a menos que sejam simplesmente pós).
6. **Produtos de limpeza a seco** - Percloroetileno e Tricloroetileno usados a temperaturas ambientes são exemplos de produtos de limpeza não inflamáveis para uso a seco. Estes produtos realmente têm um nível de toxidade perigoso e seu uso exige cuidados especiais. Materiais tratados com retardadores de propagação de chamas podem ter suas características afetadas com a aplicação desses produtos, tal como os produtos solúveis em água.

Produtos combustíveis e inflamáveis

1. **Solventes com alto ponto de fulgor** - Produtos derivados do petróleo, especialmente refinados, inicialmente desenvolvidos como "Solventes *Stoddard*", hoje em dia comercializado por várias companhias com diferentes designações comerciais, tem características de solvente, como a gasolina, mas com o mesmo risco de incêndio do querosene (desde que não seja aquecido).
Muitos deles são produtos estáveis que têm ponto de fulgor entre 40° C e 60° C (100° F

e 140° F), com relativamente baixo grau de toxidade.

2. **Solventes com baixo ponto de fulgor** - Líquidos inflamáveis classe I (ponto de fulgor abaixo de 40° C (100° F), não devem ser usados para limpeza ou renovação. Os produtos mais conhecidos dessa categoria são: acetona, gasolina de aviação, metil etil cetona, nafta e toluol.

Nos casos onde é necessário o uso de líquidos inflamáveis, deve-se preferir aqueles com alto ponto de fulgor. Ponto de fulgor de, 40° C (100° F), ou mais.

3. **Líquidos misturados** - Alguns solventes comerciais são misturas de líquidos com diferentes taxas de evaporação, tal como uma mistura de nafta com material clorado.

As diferentes taxas de evaporação podem apresentar problemas de toxidade e perigo de fogo, e tais misturas, não devem ser usadas, a menos que, sejam guardadas e manuseadas com pleno conhecimento desses perigos e que as devidas precauções sejam tomadas.

Embalagens

Os líquidos inflamáveis deverão ser manuseados somente em embalagens aprovadas e devidamente rotuladas.

Precauções para a prevenção de fogo

Durante a limpeza ou remoção (substituição de partes do carpete, tecidos, revestimentos muito usados), onde líquidos inflamáveis forem usados, os seguintes procedimentos de segurança são recomendados.

1. O interior das aeronaves deve estar suficientemente ventilado para prevenir a acumulação de vapor no seu interior. Com esse propósito, todas as portas e demais aberturas do interior da aeronave devem ser mantidas abertas para que se tire partido da ventilação natural. Entretanto, onde a ventilação natural for insuficiente, meios mecânicos aprovados (ventiladores ou ventoinhas) devem estar disponíveis para serem usados. A acumulação de vapores inflamáveis, acima de 25%, do limite inferior de inflamabilidade de específico vapor (de um material que esteja sendo usado), medido em um ponto a cinco

pés (um metro e meio aproximadamente) do local em que esteja sendo usado, deve resultar numa revisão dos procedimentos de emergência para a situação.

2. Todos os equipamentos ou aparelhos que possam ser utilizados, e que em operação produzem chamas ou faíscas, devem ser retirados, ou evitada sua operação, durante o período em que vapores inflamáveis possam existir.
3. Equipamentos elétricos, portáteis ou manuais, utilizados no interior da aeronave devem ser do tipo aprovado, ou enquadrados no Código Americano de Eletricidade, na classe I, grupo D, Localizações Perigosas.
4. Ligações elétricas para equipamentos a serem utilizados na aeronave, assim como os próprios equipamentos inerentes a aeronave, não devem ser conectados, ligados ou desligados durante as operações de limpeza.
5. Sinais de alarme convenientes devem ser colocados, em lugares proeminentes das portas da aeronave, para indicar que líquidos inflamáveis estão sendo ou vão ser utilizados nas operações de limpeza ou renovação (de materiais do revestimento interno desgastados) em andamento.

Recomendações de proteção contra o fogo

Durante as operações de limpeza ou renovação da aeronave, onde líquidos inflamáveis são utilizados, as seguintes orientações gerais de proteção contra o fogo são recomendadas:

1. Aeronaves sendo submetidas a operações de limpeza ou renovação devem ser, preferencialmente, localizadas fora do hangar, desde que as condições meteorológicas o permitam. Esse procedimento também facilita uma melhor aeração da aeronave (ventilação natural), da mesma forma que assegura um mais rápido acesso na eventualidade de fogo a bordo.
2. Recomenda-se que, durante tais operações de limpeza ou renovação em uma aeronave, fora do hangar, extintores de incêndio portáteis e apropriados (especificação americana 20-B) devem estar disponíveis nas entradas da aeronave, além disso, mangueiras de água com bicos de pulverização, com comprimento suficiente para alcançar o interior da aeronave, devem também estar disponíveis e

serem capazes de controlar qualquer incêndio, pelo menos até que chegue a equipe contra-incêndio (bombeiros) do aeroporto (da INFRAERO, no caso brasileiro).

OBSERVAÇÃO 1: Extintores de emprego geral (pó químico) devem ser evitados onde a corrosão do alumínio venha a se constituir em um problema.

OBSERVAÇÃO 2: Equipamentos de detecção e combate a incêndio tem sido desenvolvidos, testados e instalados para garantir proteção à aeronave durante sua construção ou sua manutenção. Os operadores estão analisando a possibilidade de utilização de tais equipamentos durante as operações de limpeza e renovação do interior da aeronave.

OBSERVAÇÃO 3: Aeronaves sendo submetidas a operações de limpeza ou renovação, onde o serviço só possa ser realizado dentro do hangar, deve contar com equipamento automático de proteção contra o fogo (chuveiros dentro do hangar).

LIMPEZA DOS MOTORES

A limpeza dos motores é uma atividade importante e deve ser feita cuidadosamente. O acúmulo de graxa e sujeira nas aletas dos motores refrigerados a ar, age como um isolante térmico, impedindo a efetiva refrigeração pelo ar que flui sobre o motor. Esse acúmulo, pode mascarar trincas ou outras falhas porventura existentes.

Quando se for limpar um motor, antes retira-se a sua carenagem aerodinâmica. Começando pela parte superior, o motor é lavado, por pulverização, com solvente ou querosene. Uma escova ou pincel de cerdas duras pode ser usado como auxílio para a limpeza de algumas superfícies.

Sabão e água limpa, além de solventes aprovados, podem ser usados para limpeza de hélices ou pás de rotor. A menos que seja um processo de marcação (gravação ou decapagem), material cáustico não deve ser usado em uma hélice. Raspadores, politrizes, escovas-de-aço ou qualquer ferramenta ou substância que possam danificar ou arranhar superfícies não devem ser usados nas pás das hélices, exceto quando tal for recomendado para reparo.

Pulverização de água, chuva ou algum material abrasivo choca-se com uma hélice em movimento com tal força que pequenos orifícios se formam nos bordos de ataque de suas pás. Se medidas preventivas não forem tomadas, a corrosão tende a aumentar rapidamente o tamanho desses orifícios. E esses orifícios podem se tornar tão grandes que seja necessário que as pás tenham seus bordos de ataque limados até se tornarem lisos novamente.

As pás de hélice feitas de aço são mais resistentes à abrasão e à corrosão que aquelas de liga de alumínio. Se elas forem untadas com óleo após cada vôo, conservarão sua superfície lisa por mais tempo.

As hélices devem ser examinadas regularmente, uma vez que trincas, nas pás de hélice de aço ou liga de alumínio, podem vir a ser enchidas com óleo, o qual tende a se oxidar. Isto pode ser facilmente verificado quando a pá é inspecionada. Esfregando a superfície com óleo, atinge-se um objetivo de segurança, uma vez que as trincas ficam mais evidentes.

Cubos de hélices devem ser inspecionados regularmente, com relação a trinca e outros defeitos. A menos que esses cubos sejam mantidos limpos, os defeitos podem não ser tão evidentes.

Eles devem ser limpos com água e sabão ou com solventes de limpeza aprovados, sendo que estes podem ser aplicados com panos ou escovas. Entretanto, devem ser evitados ferramentas ou abrasivos que riskem ou danifiquem o revestimento de sua superfície.

Em casos especiais, onde um polimento esmerado é o que se deseja, o uso de um polidor de boa qualidade é recomendado. Após terminado o polimento, todos os resíduos do polidor devem ser rapidamente removidos, as pás das hélices limpas e recobertas com óleo de motor limpo.

Todas as substâncias usadas na limpeza devem ser removidas imediatamente de qualquer parte da hélice, após as operações de limpeza.

Sabão, em qualquer forma (líquido, pastoso, espuma, etc.), deve ser removido através de um enxágüe repetido com água limpa, e depois, as superfícies, devem ser secas e cobertas com óleo de motor limpo.

Após o motor ter sido limpo, todas as hastes de controle, balancins e, outras partes móveis, devem ser lubrificadas de acordo com

as instruções contidas no manual de manutenção aplicável.

SOLVENTES DE LIMPEZA

Em geral, solventes de limpeza usados na limpeza de aeronaves devem ter um ponto de fulgor, no mínimo, de 105° F, caso haja possibilidade de explosão a ser evitada. Solventes clorados não são inflamáveis, porém são tóxicos; logo, precauções de segurança devem ser observadas para seu uso. O emprego de tetracloreto de carbono deve ser evitado.

Solventes para limpeza a seco

O solvente tipo "*Stoddard*" é o mais comum solvente, a base de petróleo, usado na limpeza de aeronaves; seu ponto de fulgor é ligeiramente acima de 40° C (105° F) e pode ser usado para remover graxa, óleo e um leve acúmulo de terra.

Os solventes para limpeza a seco são preferíveis ao querosene, para todos os propósitos de limpeza, mas da mesma forma que o querosene, deixa um ligeiro resíduo após a evaporação, o qual pode interferir com a aplicação de uma camada posterior de acabamento.

Nafta alifática e aromática

Nafta alifática é recomendada para ser passada em superfícies limpas, pouco antes da pintura.

Esse produto também pode ser usado para a limpeza de borracha e materiais acrílicos. Sua temperatura de fulgor é de aproximadamente 25° C (80° F) e deve ser usado com cuidado.

Nafta aromática não deve ser confundida com nafta alifática. Aquela é tóxica e ataca materiais acrílicos e borracha, e só deve ser usada com controle adequado.

Solventes de segurança

Solventes de segurança, como o tricloroetano (ou metil clorofórmio), são usados para a limpeza geral e remoção de graxa. Em condições normais não é inflamável, sendo utilizado em substituição ao tetracloreto de carbono. Precauções de segurança devem ser tomadas quando usando solventes clorados. O seu uso pro-

longado pode causar problemas de pele em pessoas sensíveis.

Metil etil cetona (MEK)

O MEK serve também como solvente de limpeza para superfícies metálicas, bem como para a remoção de pintura em pequenas proporções.

O MEK é um solvente e um limpador de metais muito ativo, com ponto de fulgor ao redor de 0° C (24° F). É tóxico quando inalado, e as devidas precauções de segurança devem ser observadas durante seu uso.

Querosene

Usa-se o querosene, misturado com agentes de limpeza tipo emulsão, como emoliente de preservativos de cobertura, difíceis de serem removidos. É também usado como solvente para limpeza em geral, mas o seu uso deve ser seguido pela cobertura ou enxagüe com outros tipos de agente de proteção.

O querosene não evapora rapidamente, como os solventes de limpeza a seco, e, geralmente, deixa um resíduo apreciável nas superfícies limpas, resíduo esse que pode ser corrosivo. Esses, resíduos podem ser removidos com solventes de segurança, agentes de limpeza a base de emulsão de água ou mistura com detergentes.

Compostos de limpeza para sistemas de oxigênio

Compostos de limpeza para uso em sistemas de oxigênio são feitos à base de álcool etílico anidro (desidratado), álcool isopropílico (fluido anticongelante), ou uma mistura de álcool isopropílico com freon. Estes podem ser usados para limpar os componentes do sistema de oxigênio, tais como: máscaras dos tripulantes, linhas, etc.

Não se pode usar esses fluidos dentro de tanques ou reguladores. Não use nenhum composto de limpeza que deixe uma cobertura oleosa, quando limpando equipamentos de oxigênio.

Um contato prolongado da pele com a mistura freon/álcool é prejudicial. Instruções dos fabricantes dos equipamentos de oxigênio, ou dos compostos de limpeza, devem sempre ser seguidas.

AGENTES DE LIMPEZA EM EMULSÃO

Compostos de solventes, e emulsão de água, são usados na limpeza geral de aeronaves. Solventes em emulsão são particularmente úteis na remoção de depósitos bastante adensados, como carvão, óleo, graxa ou alcatrão. Quando usados de acordo com as instruções, esses solventes em emulsão não afetam uma pintura de boa qualidade, nem um acabamento feito com materiais orgânicos.

Agentes de limpeza em emulsão de água

Produtos disponíveis, sob a especificação MIL-C-22543 A, são compostos de limpeza em emulsão de água, para ser usado tanto em superfícies de aeronaves pintadas ou não pintadas.

Esses produtos são também indicados para a limpeza de superfícies pintadas, com tinta fluorescente, e é segura também, para acrílicos. Entretanto, essas propriedades vão variar em função do produto disponível, e uma verificação (teste), deve ser feita em uma amostra, antes do emprego do produto.

Agentes de limpeza em emulsão de solvente

Um dos tipos de agente de limpeza em emulsão de solvente é o não fenólico e pode ser usado com segurança, em superfícies pintadas, sem afetar (amolecer) a pintura base.

O seu uso continuado pode afetar os acabamentos acrílicos em laca (verniz) nitrocelulose, como age amolecendo e decapando, superficialmente, coberturas de preservação espessas. Em materiais persistentes, deve ser aplicado, novamente, por duas ou três vezes, como necessário.

Um outro tipo de agente de limpeza em emulsão de solvente é o de base fenólica, que é mais eficaz em serviços pesados, mas que também tende a afetar (amolecer e desbotar) as pinturas de cobertura.

Deve ser usado com cautela, onde haja borracha, plástico ou outro material não metálico.

Luvas de borracha (ou látex) e óculos de proteção devem ser usados ao utilizar agentes de limpeza de base fenólica.

SABÕES E DETERGENTES

Há um grande número de produtos empregados em limpezas leves. Nessa seção serão discutidos os produtos mais comuns.

Compostos de limpeza para superfícies de aeronaves

Produtos especificados, conforme as normas MIL-C-5410, Tipo I e Tipo II, são usados na limpeza geral de superfícies de aeronaves, pintadas ou não, para a remoção de resíduos (lama) leves para médios, além de películas normais de óleo e graxa.

São de uso seguro para quaisquer superfícies, como tecido, couro e plásticos transparentes.

Superfícies transparentes, com filtros de luminosidade incorporados ao material (como pára-brisas), não devem ser lavadas mais do que o necessário, e nunca devem ser limpos com escovas duras.

Agentes de limpeza com detergentes amônicos (não iônicos)

Esses produtos podem ser tanto solúveis em água quanto em óleo. O agente de limpeza com detergente solúvel em óleo, é eficaz quando em solução de 3% a 5%, em solvente para limpeza a seco, para promover o amolecimento e a remoção de coberturas fortes de preservação. O desempenho dessa mistura é idêntico ao dos agentes de limpeza, por emulsão, já previamente mencionados.

PRODUTOS PARA A LIMPEZA MECÂNICA

Quando desejamos evitar danos ao acabamento ou à superfície da aeronave, o emprego de produtos para limpeza mecânica deve ser feito com cuidado, e conforme instruções específicas.

Produtos levemente abrasivos

Nenhum destaque será dado nessa seção para fornecer instruções detalhadas sobre o emprego dos vários produtos listados. Entretanto, alguns prós e contras são incluídos como auxílio

na seleção de produtos, para operações específicas de limpeza.

Pedra-pomes pulverizada é usada para a limpeza de superfícies de alumínio corroídas. Abrasivos com características semelhantes podem também ser usados.

Chumaços de algodão impregnados de produtos são empregados para a remoção de sujeira de escapamentos e polimento de superfícies de alumínio corroídas.

O polidor para alumínio é usado para produzir um alto brilho, persistente, em superfícies não pintadas de alumínio cladeado ("*cladding*").

Não deve, entretanto, ser usado em superfícies anodizadas, porque remove a cobertura de óxido.

Três tipos de lâ-de-alumínio (grosseiro, médio e fino) são usados para a limpeza geral das superfícies de alumínio.

Tiras de nylon, impregnadas de produtos, são preferidas em relação à lâ-de-alumínio, para a remoção dos produtos da corrosão e pinturas velhas e incrustadas, assim como para a preparação (abrasão) da pintura já existente, sobre a qual se aplicará um retoque.

Produtos compostos para remoção de verniz, podem ser usados para remover resíduos de exaustão do motor e pequenas oxidações.

Remoções intensas sobre a cabeça dos rebites, ou extremidades, onde coberturas protetoras podem ser desgastadas, devem ser evitadas.

Papéis abrasivos (lixas d'água)

Papéis abrasivos (lixas d'água), usadas nas superfícies das aeronaves, não devem conter abrasivos pontudos ou tipo agulhas, os quais podem fixar-se, tanto no metal base, quanto na cobertura de proteção a ser preservada.

Os abrasivos usados não devem corroer o material a ser limpo.

Lixa d'água, grão 300 ou mais fino, é disponível em várias formas e é segura para ser usada na maioria das superfícies.

O uso de carborundum (carboneto de silício) em lixas, usadas em alumínio ou magnésio, deve ser evitado, uma vez que a estrutura do grão do carborundum é muito afilada.

Além de ser esse material tão duro quanto os grãos individuais ele pode penetrar até mesmo na superfície do aço.

O uso de papel de esmeril, em alumínio ou magnésio, pode causar corrosão séria nesses metais, pela inclusão do óxido de ferro.

PRODUTOS QUÍMICOS DE LIMPEZA

Produtos químicos de limpeza devem ser usados com muito cuidado na limpeza das montagens das aeronaves.

O perigo da penetração de produtos corrosivos em junção de superfícies e frestas contrapõe-se a qualquer vantagem na sua velocidade e efetividade.

Qualquer produto deve ser relativamente neutro e de fácil remoção. Dá-se ênfase, que todo resíduo deve ser removido.

Sais solúveis de tratamentos químicos superficiais, como o ácido crômico ou dicromato, vão se liquefazer e empolar a pintura posterior.

Ácido cítrico fosfórico

Uma mistura de ácido cítrico-fosfórico está disponível e pronta para o uso, assim que é desembalada (Tipo I). Já o Tipo II é um concentrado que deve ser diluído com água e solventes minerais.

O contato com a pele deve ser evitado através do uso de luvas de borracha e óculos.

Qualquer queimadura por ácido deve ser lavada com bastante água limpa e neutralizada, a seguir, com uma solução diluída de bicarbonato de sódio.

Bicarbonato de sódio

O bicarbonato de sódio pode ser usado para neutralizar depósitos ácidos nos compartimentos de baterias chumbo-ácidas, bem como para tratar de queimaduras causadas por agentes químicos de limpeza e inibidores de corrosão.

ESTRUTURA DOS METAIS

Conhecimento dos seus usos, resistências, limitações e outras características da estrutura dos metais é vital para construir corretamente, e manter qualquer equipamento, especialmente estruturas aeronáuticas. Na manutenção e reparo, um pequeno desvio das especificações do projeto, ou a utilização de materiais de qua-

lidade inferior, pode resultar na perda de equipamentos e vidas.

A utilização de materiais impróprios pode facilmente deteriorar o mais requintado acabamento.

A seleção do material correto para um trabalho específico de reparo, requer familiaridade com as mais divulgadas propriedades físicas dos diversos metais.

Propriedade dos metais

Uma das primeiras preocupações na manutenção de aeronaves é com as propriedades gerais dos metais e suas ligas, como: dureza, maleabilidade, ductilidade, elasticidade, contração e expansão, e etc.

Esses termos foram expostos para estabelecer as bases para a posterior discussão da estrutura dos metais.

Explicação dos termos

- **Dureza**: refere-se a capacidade de um metal resistir a abrasão, penetração, corte e a distorção permanente. A dureza pode ser aumentada por trabalhos a frio e, no caso do aço e de determinadas ligas de alumínio, através de tratamento térmico. Componentes estruturais são frequentemente conformados de metais, a partir de sua forma de menor dureza; após, são endurecidos, mantendo a mesma forma. Dureza e resistência são propriedades dos metais, intimamente ligadas.

- **Fragilidade**: é a propriedade dos metais que lhes impede flexionar ou deformar sem que estilhacem. Um metal frágil quebra ou trinca sem mudar de forma. Considerando que os metais estruturais estão frequentemente sujeitos a cargas de choque (impactos), a fragilidade não é uma propriedade desejável. O ferro fundido, alumínio fundido e aços muito duros, são exemplos de materiais frágeis.

- **Maleabilidade**: um metal que possa ser martelado, laminado ou prensado de várias maneiras, sem que trinque, quebre ou sofra outro efeito degenerativo semelhante, é dito ser maleável.

Essa propriedade é necessária para chapas de metal, que sejam trabalhadas a formar curvas, como carenagens de motor, de trem de pouso e pontas de asa. O cobre é um exemplo de metal maleável.

- **Ductilidade**: é a propriedade de um metal que lhe permite ser esticado, flexionado ou torcido de várias maneiras, sem quebrar. Essa propriedade é essencial para metais usados na fabricação de arames e tubos.

Metais dúcteis têm grande aceitação na indústria aeronáutica por causa de sua facilidade de conformação e resistência a falhas por cargas de choque (impactos). Por essa razão, as ligas de alumínio, são usadas para carenagens de motor, revestimento da fuselagem e das asas, e componentes conformados ou extrudados, como: nervuras, longarinas e cavernas. Aço cromo molibdênio é também facilmente moldado nas formas desejadas. A ductilidade assemelha-se à maleabilidade.

- **Elasticidade**: é aquela propriedade que permite ao metal voltar a sua forma original, assim que a força que o deforma é removida. Essa propriedade é extremamente valiosa quando se deseja que o componente volte a ter sua forma original, tão logo cesse a ação da força que o deforma. Cada metal tem um ponto conhecido como limite de elasticidade, além do qual qualquer excesso de carga causa deformação permanente. Na construção aeronáutica, peças e componentes estruturais são de tal forma projetados que as cargas máximas, sob as quais estarão sujeitas, não os deformarão além do limite elástico. Essa propriedade é característica de molas helicoidais de aço.

- **Resistência**: um material que tem resistência vai se contrapor ao corte e à ruptura e pode ser esticado, ou de qualquer maneira deformado sem se romper. A resistência é uma propriedade desejável para todos os metais usados na construção aeronáutica.

- **Densidade**: é a massa (peso) por unidade de volume de um material. Na construção aeronáutica, a massa específica de um material, em relação a um volume unitário é usada para se determinar (ou estimar) a massa (ou peso) de uma peça ou componente, antes de sua fabricação.

É também uma propriedade considerada, durante o projeto de uma peça ou componente, quando se objetiva manter o peso e o balanceamento da aeronave.

- **Fusibilidade**: é a capacidade que tem um metal de tornar-se líquido quando submetido ao calor, especialmente durante o processo de soldagem. O aço se funde em torno de 1425° C, as ligas de alumínio, 595° C.

- **Condutividade**: é a propriedade que permite ao metal conduzir calor ou eletricidade. A condutividade de calor de um metal é especialmente importante na soldagem; porque ela determina a quantidade de calor que será necessária para a fusão. A condutividade (térmica) dos metais também vai determinar o tipo de gabarito que será usado para controlar sua expansão e contração. Na aeronave, a condutividade (elétrica) deve também ser considerada na junção das partes, para eliminar a interferência no equipamento rádio.

- **Contração e expansão**: são reações produzidas nos metais como resultado de aquecimento ou resfriamento. O calor aplicado a um metal leva-o a expandir-se, tornando-se maior. O resfriamento e o aquecimento afetam o projeto dos gabaritos soldados, peças fundidas e tolerâncias necessárias para materiais conformados a quente.

Fatores de seleção

Resistência, peso e confiabilidade são três fatores que determinam os requisitos a serem observados, para qualquer material a ser usado na construção e reparo de células. As células devem ser fortes, mas ao mesmo tempo, leves. Uma célula muito pesada que não pudesse transportar alguns quilogramas, seria certamente de pouco uso.

Todos os metais, complementarmente ao fato de que tenham uma boa relação peso/resistência, devem ter uma acurada confiabilidade, então minimizando a possibilidade de falhas inesperadas e perigosas. Além dessas propriedades gerais, o material selecionado para uma aplicação definida deve possuir características específicas, convenientes ao seu emprego.

O material deve possuir a resistência necessária de acordo com suas dimensões, peso e utilização. Há cinco esforços básicos aos quais os metais devem ser obrigados a atender. São: tração, compressão, cisalhamento, flexão e torção.

- **Tração**: a resistência de um material à tração é a resistência à força que tende a separá-lo. A resistência à tração é medida pela força necessária, para romper um corpo de prova feito com o mesmo material dividido pela área da seção onde houve a ruptura. Normalmente, é medido em p.s.i. (libras por polegada quadrada).

- **Compressão:** a resistência à compressão de um material é a resistência a uma força de esmagamento, contrária em sentido à força de tração.

É também expressa da mesma forma em p.s.i. (libras por polegada quadrada).

- **Cisalhamento:** quando um pedaço de metal é cortado com uma tesoura de chapa, as duas lâminas da tesoura exercem sobre o metal uma força conhecida como cisalhamento. O cisalhamento é a ação de duas forças paralelas muito próximas (tangentes), porém, de sentidos opostos uma da outra, que acabam fazendo com que, na interface entre essas duas forças, o material comece a deslizar entre si até a ruptura. A resistência ao cisalhamento é expressa como a força em que o material falha, dividida pela seção (área) do corpo de prova submetida à força. Expressa-se também em libras por polegada quadrada (p.s.i).

- **Flexão:** pode ser descrita como a deflexão ou curvatura de um membro, devido a forças atuando sobre ele. A resistência a flexão de um material é a resistência que ele oferece as forças de deflexão.

- **Torção:** pode ser descrita como a deflexão de um membro devido a um binário (e não a forças), atuando sobre ele. A resistência à torção é a resistência que um material oferece a um binário (ou conjugado) que tenta torcê-lo.

A relação que existe entre a resistência de um material e sua densidade expressa como uma razão, é também conhecida, como a razão entre resistência e peso. Essa razão forma a base para comparação entre vários materiais, para uso na construção e reparo em células. Nem a resistência, tampouco o peso, isoladamente, podem ser usados como meios de verdadeira comparação.

Em algumas aplicações, como no revestimento de estruturas monocoque, a espessura é mais importante que a resistência e, em última análise, o material de peso mais leve para uma dada espessura ou calibre é o melhor. A espessura é necessária para prevenir flambagem (enrugamento da chapa), ou dano causado pelo manuseio pouco cuidadoso.

A corrosão faz com que o metal fure ou fique carcomido, ou que sua estrutura granular se degenere.

Considerando as seções finas e os fatores de segurança envolvidos no projeto e construção aeronáutica, seria perigoso escolher um material pouco resistente à corrosão.

Um outro fator a ser considerado na manutenção e reparo, é a capacidade do material ser conformado, dobrado ou trabalhado segundo diversas formas. Esses materiais, assim tratados, endurecem por trabalho a frio.

Praticamente todo trabalho mecânico realizado na conformação de partes e peças aeronáuticas, causam endurecimento, por trabalho a frio. Às vezes, isso é desejável, entretanto o metal ao mesmo tempo em que endurece, torna-se quebradiço.

Caso o metal tenha sido muito trabalhado a frio, ou seja: tenha sido dobrado de um lado para outro, muitas vezes; ou, tenha sido martelado além da conta, fatalmente vai trincar ou quebrar. Geralmente, quanto mais dúctil e maleável é um metal, mais trabalho a frio ele pode suportar.

Qualquer processo que envolva aquecimento e resfriamento, controlados de um metal, para induzir ao surgimento de certas características desejáveis (como endurecimento, amolecimento, ductilidade, resistência à tração ou variação da estrutura granular) é chamado tratamento a quente. No caso do aço, o termo tratamento a quente, tem amplo significado, e inclui processos, como normalização, têmpera, revenimento, recozimento, etc.

Já o tratamento a quente, das ligas de alumínio, envolve basicamente dois processos: o de endurecimento e o de amaciamento. O endurecimento é chamado tratamento térmico a quente e o amaciamento é chamado recozimento.

Os metais usados na aviação, estão sujeitos, tanto a choques (impactos), quanto a fadiga (vibração). A fadiga ocorre nos materiais sujeitos à aplicação cíclica de cargas, quando o limite de fadiga é alcançado ou excedido.

A repetição das vibrações ou flexões vão induzir o surgimento de uma pequena trinca no ponto mais fraco.

A continuação da vibração fará com que a trinca vá sendo ampliada até a ruptura. É a chamada falha por fadiga. A resistência a essa condição é chamada resistência à fadiga.

O material usado na fabricação de peças críticas deve ser resistente a essa condição.

PROCESSOS USADOS NA CONFORMAÇÃO METÁLICA

Há três métodos de conformação metálica: (1) trabalhos a quente; (2) trabalhos a frio; e (3) extensão. O método usado vai depender do tipo de metal envolvido e do componente, embora em alguns casos, tanto os métodos de conformação a quente e a frio possam ser usados na confecção de uma única peça.

Trabalho a quente

Quase todo aço é trabalhado a quente, a partir do lingote até um estágio de conformação intermediário; e, após trabalhado, tanto a frio quanto a quente, até a forma final.

Quando um lingote é retirado do seu molde, sua superfície é sólida, mas o seu interior não. O lingote é então colocado em um buraco preparado no chão da aciaria, tal que, a perda de calor pelo lingote é reduzida, enquanto seu interior vai gradualmente se solidificando.

Após esse procedimento, a temperatura fica equalizada através do lingote, que então é reduzido a uma forma intermediária através de um laminador, fazendo-o mais facilmente manuseável.

Peças de seção quadrada, menor que 6x6 polegadas, são chamadas barras. Peças laminadas com seção retangular, sendo a largura maior que o dobro da altura são chamadas placas. A partir das placas, em processos seqüenciais de laminação, são produzidas as chapas.

Os tarugos, barras e placas são novamente aquecidos até a temperatura apropriada e, mais uma vez, laminados numa variedade de perfis.

Como será visto adiante, materiais laminados a quente, freqüentemente recebem acabamento por laminação a frio ou trefilamento, o que lhes permite um controle dimensional preciso, e um acabamento superficial liso e brilhante.

Seções complicadas que não possam ser laminadas, ou seções das quais se necessite um pequeno pedaço são geralmente, forjadas.

O forjamento do aço é um trabalho mecânico em temperaturas acima da temperatura crítica, para conformar o metal como desejado. O forjamento é feito tanto por pressão, quanto por martelamento do aço aquecido, até que a forma desejada seja obtida.

O forjamento por pressão é usado quando o componente a ser forjado é grande e pesado; esse processo também substitui o martelamento, onde aço de alta qualidade é exigido. Posto que a prensa atua lentamente, sua força é transmitida uniformemente para o centro da seção, afetando tanto o grão interno como o externo, gerando a melhor estrutura possível (mais uniforme).

O forjamento por martelamento pode ser usado para peças relativamente pequenas. Uma vez que o martelamento transmite sua força quase instantaneamente, seu efeito é limitado a pequena profundidade. Assim, faz-se necessário a uso de um martelo muito pesado; ou, sujeitar a peça a sucessivas pancadas, para se assegurar o completo trabalho da seção.

Caso a força aplicada seja muito fraca para alcançar seu centro, o acabamento da superfície forjada será côncavo. Caso o centro, tenha sido apropriadamente trabalhado, a superfície ficará convexa ou estufada. A vantagem do martelamento é que o operador tem controle tanto sobre a quantidade de pressão aplicada, quanto da temperatura de acabamento; sendo assim, capaz de produzir pequenas peças de alta qualidade. Esse tipo de forjamento é geralmente chamado de forjamento de ferreiro. É usado extensamente, somente onde um pequeno número de peças faz-se necessário. Considerável tempo de máquina e material são economizados quando as peças são forjadas a martelo até aproximadamente sua forma final.

O aço é freqüentemente mais duro que o necessário e, muito quebradiço, para a maioria das aplicações práticas, quando colocado sob condições que afetem sua estrutura interna (ou criem tensões internas). Para aliviar essas tensões e reduzir sua fragilidade, o aço é revenido após ter sido temperado. Isso consiste em aquecer o aço em um forno até uma temperatura específica e, resfriado ao ar, óleo, água ou solução especial. O grau de revenimento se refere a relação do metal ou liga metálica com relação ao seu endurecimento. A laminação, forjamento, etc. dessas ligas, ou seu tratamento térmico ou envelhecimento, faz com que se torne mais rígido ou tenaz. Nessa hora, essas ligas se tornam duras para a conformação e têm que ser reaquecidas ou recozidas (normalizadas).

Os metais são recozidos ou normalizados para aliviarem suas tensões internas; reduzindo-lhes a dureza, fazendo-os mais ducteis e refi-

nando-lhes a estrutura dos grãos. O recozimento ou normalização, consiste no aquecimento do metal até uma determinada temperatura, mantendo essa temperatura algum tempo, até que o metal esfrie à temperatura ambiente. A fim de ser obtido o maior grau de amaciamento (menor dureza), o metal deve ser resfriado o mais lentamente possível. Alguns metais devem ser resfriados no forno, já outros podem ser resfriados ao ar.

O revenimento se aplica a metais ou ligas a base de ferro. Consiste no aquecimento da peça até uma temperatura pré-determinada, na qual é mantida, a fim de que seja garantido um homogêneo aquecimento, sendo, após, resfriada em ar calmo. O revenimento é usado para aliviar tensões do metal (e reduzir sua dureza).

Trabalho a frio

Trabalho a frio é o trabalho de deformação mecânica do metal, realizado abaixo da temperatura crítica. Cria tensões residuais de endurecimento no grão deformado. Na verdade o metal fica tão endurecido, que se torna difícil continuar o processo de conformação sem que haja o amaciamento do metal pelo recozimento (normalização).

Uma vez que no processo de trabalho a frio não há encolhimento (por resfriamento) das peças, estas podem ser produzidas bem próximas das dimensões desejadas. A resistência e a dureza, assim como o limite elástico são aumentados, porém a ductilidade é reduzida. Assim sendo, já que o metal vai se tornando quebradiço, faz-se necessário que, entre uma e outra etapa do trabalho a frio a peça seja aquecida até a temperatura crítica, para aliviar as tensões internas e permitir que a mesma seja continuamente conformada sem que surjam trincas ou outros defeitos.

Embora existam vários processos de trabalhos a frio, os dois mais comumente usados na indústria aeronáutica são: laminação a frio e trefilação a frio. Esses processos desenvolvem no metal qualidades que não poderiam ser obtidas por trabalhos a quente.

Laminação a frio é feita a temperatura ambiente. Nessa operação, os materiais que serão laminados para suas dimensões finais, são decapados para remoção de crostas (sujeiras, borra da fundição, etc.), após o que passam por vários rolos de laminador que lhes vão dando a

forma final. Isso tudo garante às peças laminadas, não só um controle dimensional acurado, como também proporciona um bom acabamento superficial. Desse processo saem em geral as chapas, barras chatas, etc.

Trefilação a frio é usada para a fabricação de tubos sem costura, arames, perfis e outros. Arames são feitos a partir de hastes laminadas a quente de vários diâmetros. Essas hastes são decapadas por ácido para a remoção da crosta, mergulhadas em água de cal e secas a vapor (estufa), aí estão prontas para a trefilação. A cobertura de cal (calcáreo), aderente ao metal, serve como lubrificante para a operação de trefilação.

O tamanho da haste usada na trefilaria depende do diâmetro final desejado para o arame. Para reduzir a haste à forma desejada, faz-se a trefilação através de uma matriz. Um dos extremos da haste é afilado (limado, esmerilhado ou martelado) e introduzido pelo trefilador, onde garras serrilhadas forçam sua introdução pela matriz. Esse processo prossegue através de passagens simultâneas, por matrizes com seções cada vez menores, até a matriz final. Como o metal vai encruando após cada passagem pelo trefilador a frio, faz-se necessário o seu aquecimento, de tempos em tempos, para normalizá-lo. Embora o trefilação a frio reduza a ductilidade, é maior a resistência a tração do arame. Na fabricação de tubos sem costura para a indústria aeronáutica usa-se o processo Mannesmann.

Extrusão

A extrusão é um processo em que o metal é pressionado através de uma matriz, tomando sua forma. Alguns metais relativamente macios, como chumbo, estanho e alumínio podem ser extrudados a frio, mas geralmente os metais são aquecidos antes da extrusão, o que facilita o processo.

A principal vantagem do processo de extrusão é a sua flexibilidade. O alumínio, por causa de sua capacidade de ser trabalhado, além de outras características favoráveis, pode ser economicamente extrudado nas formas e tamanhos dos mais intrincados, o que não é verdadeiro para outros metais.

Peças extrudadas podem ser produzidas segundo perfis simples ou muito complexos. Nesse processo, um cilindro de alumínio é a-

quecido entre 400° C e 450° C (750° F e 850° F), sendo então forçado através de uma matriz, com o perfil que se deseja, por um pistão hidráulico.

Muitos componentes, como reforçadores com perfil em "T", em "Z", em "U", com lábios, especiais, etc., são obtidos dessa maneira.

METAIS FERROSOS USADOS NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Diferentes tipos de metal são exigidos para reparar uma aeronave. Isso decorre com a necessidade de atender a variáveis de projeto, como resistência, peso, durabilidade, etc. Além disso, a forma específica do componente dita, às vezes, um tipo especial de metal. Na seleção de materiais para reparar uma aeronave, esses fatores, dentre outros, são considerados com relação as suas propriedades físicas e mecânicas. Entre os materiais comuns a serem encontrados, estão aqueles chamados metais ferrosos, ou seja; ligas metálicas que têm o ferro como base, e mais alguns elementos de liga, que conferem ao produto final características especiais.

Identificação

Caso o carbono seja adicionado ao ferro em percentagens até mais ou menos 1%, a liga resultante será amplamente superior ao ferro puro, sendo chamado aço-carbono. O aço-carbono forma a base daquelas ligas de aço, produzidas pela combinação de aço-carbono com outros elementos conhecidos por melhorar as propriedades do aço. A adição de outros metais muda ou melhora as propriedades químicas ou físicas do metal base para um uso particular.

Nomenclatura e composição química dos aços

A fim de facilitar a discussão sobre os aços, é necessário ter uma certa familiaridade sobre sua nomenclatura. Um índice numérico, estabelecido pela SAE (*Society of Automotive Engineers*) e pela AISI (*American Iron and Steel Institute*), é usado para identificar composições químicas de aços estruturais. Nesse sistema, uma série de quatro números é usada para designar do aço-carbono até o aço de liga especial; já, cinco números, são usados para ligas específicas de aço. Os dois primeiros números indicam o tipo de aço, sendo que, o segundo

desses números, em geral (mas não obrigatoriamente) dá a quantidade aproximada do maior elemento de liga; já os dois últimos (ou três últimos) indicam a quantidade de carbono. Entretanto, um desvio da regra da indicação da porcentagem de carbono, algumas vezes acontece.

Pequenas quantidades de alguns elementos estão algumas vezes presentes em ligas de aços, mas são especificadas conforme necessário. Na verdade esses elementos são considerados acidentais e podem estar presentes em proporções máximas como se segue: cobre, 35%; níquel, 25%; cromo, 20%; e molibdênio, 0,06%. A lista de aços padronizados é alterada de tempos em tempos para acomodar aços de mérito comprovado (aceitos pela indústria) e para acomodar mudanças nos requisitos metalúrgicos e de engenharia, propostos pela indústria. Essa lista se apresenta conforme a tabela 6-62. Os elementos estruturais metálicos são fabricados de diferentes formas e dimensões, como chapas, barras, hastes, tubos, extrudados, forjados e fundidos. As chapas metálicas são feitas em grande número de tamanhos e espessuras. As especificações designam a espessura em milésimos de polegada. Barras e hastes são fornecidas numa grande variedade de formas (redondas, quadradas, retangulares, hexagonais, etc.). Os tubos têm seção quadrada, retangular, redonda, oval, etc. A especificação dos tubos é feita considerando-se o diâmetro externo e a espessura da parede. As chapas são, geralmente, conformadas a frio em prensas, rolos de laminação, calandras, etc. Os forjados são produzidos em prensas ou martelos hidráulicos, colocando-se o metal aquecido em matrizes. Os fundidos são produzidos depositando-se o metal fundido em moldes ou fôrma.

O acabamento dos fundidos é feito por usinagem mecânica. O teste das fagulhas é um método comum de identificação de vários metais ferrosos. Nesses testes, um pedaço de ferro ou aço é mantido contra um rebôlo que gira, sendo o metal identificado pelas fagulhas que são produzidas. As fagulhas variam de pequenas a curtas, até uma chuva delas.

OBS: Poucos metais não-ferrosos produzem fagulhas quando em contato com o rebôlo. Esses metais, portanto, não se prestam a esse teste. A identificação do ferro ou aço pelo tipo de fagulha é freqüentemente inexata - a menos que realizada por pessoa experiente - caso contrário, corre-se o risco de uma identificação mal feita.

Séries	Tipos	Séries	Tipos
10xx	- Aços carbono sem enxofre	10xx	- Aços carbono sem enxofre
11xx	- Aços carbono resulfurizado (não trabalhado)	11xx	- Aços carbono resulfurizado (não trabalhado)
12xx	- Aços carbono resulfurizado e refosforizado (não trabalhado)	12xx	- Aços carbono resulfurizado e refosforizado (não trabalhado)
13xx	- Manganês 1,75%	13xx	- Manganês 1,75%
*23xx	- Níquel 3,50%	*23xx	- Níquel 3,50%
*25xx	- Níquel 5,00%	*25xx	- Níquel 5,00%
31xx	- Níquel 1,25%, cromo 0,65%	31xx	- Níquel 1,25%, cromo 0,65%
33xx	- Níquel 3,50%, cromo 1,55%	33xx	- Níquel 3,50%, cromo 1,55%
40xx	- Molibidênio 0,20 ou 0,25%	40xx	- Molibidênio 0,20 ou 0,25%
41xx	- Cromo 0,50 ou 0,95, Molibidênio 0,12 ou 0,20%	41xx	- Cromo 0,50 ou 0,95, Molibidênio 0,12 ou 0,20%
43xx	- Níquel 1,80%, cromo 0,50 ou 0,80%, molibidênio 0,25%	43xx	- Níquel 1,80%, cromo 0,50 ou 0,80%, molibidênio 0,25%
44xx	- Molibidênio 0,40%	44xx	- Molibidênio 0,40%
45xx	- Molibidênio 0,52%	45xx	- Molibidênio 0,52%
46xx	- Níquel 1,80%, molibidênio 0,25%	46xx	- Níquel 1,80%, molibidênio 0,25%
47xx	- Níquel 1,05%, cromo 0,45%, Molibidênio 0,20 ou 0,35%	47xx	- Níquel 1,05%, cromo 0,45%, Molibidênio 0,20 ou 0,35%
48xx	- Níquel 3,50%, Molibidênio 0,25%	48xx	- Níquel 3,50%, Molibidênio 0,25%
50xx	- Cromo 0,25 ou 0,40 ou 0,50%	50xx	- Cromo 0,25 ou 0,40 ou 0,50%

* Não incluídos na relação de aços padronizados.

Figura 6-62 Índice numérico SAE

Ferro forjado produz fagulhas longas - cor de palha esmaecida, junto da pedra, e brancas na extremidade. Ferro fundido produz fagulhas vermelhas junto à pedra que se esmaecem, tomando cor de palha na extremidade.

Aumentando-se o teor de carbono no aço, aumentam as ramificações das fagulhas, tornando-se brancas em suas extremidades. Aços com níquel produzem fagulhas com centelhas brancas brilhantes no seu interior.

Tipos, características e usos das ligas de aço

Aço contendo carbono na faixa de 0,10% a 0,30% é chamado de aço de baixo carbono. Pela classificação SAE/AISI seria entre aço 1010 e 1030. Aços com esse teor de carbono são usados para a fabricação de arame de freio, algumas porcas, embuchamento de cabos e extremidades de hastes rosqueadas. Esse tipo de aço, na forma de chapa, é usado em estruturas secundárias e braçadeiras, e, na forma de tubos, para componentes estruturais, moderadamente tensionadas.

Aços contendo carbono na faixa de 0,30% a 0,50% é chamado de aço de médio carbono. Esse aço é especialmente adaptado para usinagem ou forjaria, onde a dureza superficial é desejável. Algumas extremidades de hastes e forjados leves são feitos de aço S.A.E. 1035.

Aços contendo carbono na faixa de 0,50% a 1,05% são classificados como aço de alto carbono. A adição de outros elementos em quantidade variável aumenta a dureza desses aços. Sendo plenamente tratados a quente tornam-se muito duros, resistindo a elevados esforços de cisalhamento e ao desgaste, deformando-se muito pouco. Aços SAE 1095, na forma de chapas, são usados como lâminas de feixes de molas; na forma de arames, são usados para molas helicoidais.

Os vários aços ao níquel são produzidos pela combinação de níquel com aço carbono. Aços contendo 3% a 3,75% de níquel são comumente usados.

O níquel aumenta a dureza, a resistência à tração e o limite de elasticidade do aço, sem apreciável diminuição de ductilidade. Também

intensifica o efeito de endurecimento causado pelo tratamento térmico. Aços SAE 2330 são extensivamente usados para componentes de aeronaves, como parafusos, terminais, pinos, orelhas, etc.

Aço-cromo tem elevada dureza e resistência à corrosão, sendo particularmente indicado para tratamento a quente de forjados, os quais exigem mais dureza e resistência. Pode ser usado como esferas ou roletes de rolamentos.

Aço cromo-níquel ou aço inoxidável são resistentes à corrosão. O grau de resistência à corrosão é determinado pelas condições da superfície do metal, assim como pela composição, temperatura e concentração do agente corrosivo.

O principal elemento de liga do aço inoxidável é o cromo. O aço resistente à corrosão mais freqüentemente usado na construção aeronáutica é conhecido como 18-8, justamente por conter 18% de cromo e 8% de níquel. Uma das características distintas do aço inoxidável 18-8, é que ele só pode ser endurecido por trabalhos a frio (não pega têmpera).

Aço inoxidável pode ser laminado, trefilado, dobrado ou moldado em qualquer forma. Uma vez que esses aços têm um coeficiente de expansão térmica 50% maior que o aço comum, conduzem o calor com 40% menos rapidez que esses mesmos aços comuns, são conseqüentemente mais difíceis de serem soldados. Algumas das aplicações mais comuns dos aços inoxidáveis são: os coletores de exaustão, os dutos de admissão, peças estruturais e usinadas, molas, fundidos, tirantes e cabos de controle.

O aço cromo-vanádio é produzido com aproximadamente 18% de vanádio e 1% de cromo. Quando tratado a quente torna-se resistente, endurecido - além de resistente ao uso e à fadiga. Um tipo especial desse aço em forma de chapa, pode ser conformado a frio em formas complicadas. Pode ser dobrado sem sinais de quebra ou falha. O aço SAE 6150 é usado na fabricação de molas; já o aço SAE 6195 é usado para rolamentos de esferas ou roletes.

O molibdênio em pequenas porcentagens é usado, em combinação com o cromo, para formar o aço-cromo-molibdênio, o qual tem vários usos em aviação. O molibdênio é um elemento de liga forte. Ele alcança os limites finais de resistência do aço sem afetar a ductilidade e a maleabilidade.

Os aços-molibdênio são duros e resistentes ao desgaste, sendo mais endurecidos quando

tratados a quente. São especialmente adaptáveis à soldagem e, por essa razão, são usados principalmente para componentes e montagens estruturais soldadas.

Esse tipo de aço tem praticamente substituído os aços-carbonos na fabricação de tubos para estrutura de fuselagem, berços de motor, trem de pouso, dentre outras partes estruturais. O aço SAE X4130, tratado a quente, é aproximadamente quatro vezes mais forte que um aço SAE 1025 de mesmas dimensões.

O tipo de aço cromo molibdênio mais usado na construção aeronáutica possui carbono entre 0,25% e 0,55%, molibdênio entre 0,15% e 0,25% e cromo entre 0,50% e 1,10%. Esses aços, quando convenientemente tratados ficam profundamente endurecidos, facilmente usináveis, rapidamente soldáveis, tanto por solda elétrica quanto oxiacetilênica, além de serem aptos para trabalharem em ambiente com temperatura elevada.

O INCONEL é uma liga de níquel-cromo-ferro com aparência bem próxima ao aço inoxidável. Posto serem essas duas ligas muito parecidas, faz-se freqüentemente necessário um teste para diferenciá-las.

Um dos métodos usuais de identificação é a utilização de uma solução de 10 gramas de cloreto cúprico em 100 centímetros cúbicos de ácido hidrolórico.

Com um conta-gotas, colocamos uma gota da solução em uma amostra de cada metal a ser testado, deixando permanecer por dois minutos.

Findo esse tempo, vagarosamente diluimos essa gota com 3 ou 4 gotas de água, pingadas uma a uma; após, as amostras são lavadas e secadas. Caso a amostra seja de aço inoxidável, o cobre da solução do cloreto cúprico ficará depositado na amostra, deixando uma mancha característica (cor de cobre). Caso a amostra seja de INCONEL, aparecerá uma mancha diferente.

A resistência à tração do INCONEL normalizado é de 100.000 p.s.i. (libras por polegada quadrada); quando laminado a frio, 125.000 p.s.i.

É altamente resistente à água salgada e é capaz de suportar temperaturas da ordem de 870° C (1600° F). O INCONEL é facilmente soldável e tem características de utilização bastante semelhantes àquelas dos aços resistentes à corrosão.

METAIS NÃO FERROSOS DE UTILIZAÇÃO AERONÁUTICA

O termo "não ferroso" se refere a metais que tenham outros elementos, que não o ferro, como base da liga ou como principal constituinte. Esse grupo inclui metais como alumínio, titânio, cobre e magnésio, bem como ligas metálicas como *MONEL* e *BABBIT*.

Alumínio e ligas de alumínio

O alumínio comercialmente puro é um metal branco, lustroso, que ocupa o segundo lugar na escala de maleabilidade; sexto em ductilidade, e uma boa posição em resistência à corrosão.

Ligas de alumínio, nas quais o principal ingrediente seja o magnésio, o manganês, o cromo ou o silício, apresentam alguns desgastes em ambientes corrosivos. Já ligas com consideráveis percentagens de cobre são mais susceptíveis ao ataque corrosivo. A percentagem total de ingredientes nas ligas de alumínio é da ordem de 6% a 7% (em média).

O alumínio é um dos metais mais largamente usados na construção aeronáutica. Tornou-se vital na indústria aeronáutica por causa de sua alta resistência em relação ao peso, bem como sua facilidade de manuseio. A característica que sobressai no alumínio é a sua leveza. O alumínio se funde a uma temperatura relativamente baixa 650° C (1250° F). É um metal não magnetizável e um excelente condutor (térmico e elétrico).

O alumínio comercialmente puro tem uma resistência à tração de cerca de 13.000 p.s.i., mas se sofrer processo de conformação a frio, sua resistência pode ser dobrada. Quando ligado a outros elementos, ou sofrendo tratamento térmico, a resistência à tração pode subir até 65.000 p.s.i., ou seja, na mesma faixa do aço estrutural.

As ligas de alumínio, embora resistentes, são facilmente trabalhadas, porque são maleáveis e dúcteis. Podem ser laminadas em chapas até 0,0017 de polegada ou trefiladas em arames de 0,004 de polegada em diâmetro. A maioria das chapas de liga de alumínio em estoque usadas na construção aeronáutica, situa-se na faixa de 0,016 a 0,096 de polegada de espessura; entretanto, muitas das grandes aeronaves, usam chapas de até 0,356 de polegada.

Os vários tipos de alumínio podem ser divididos em duas classes gerais: (1) ligas de fundição (aquelas indicadas para fundição em areia, molde permanente ou fundição sob pressão); (2) ligas de forjaria (aquelas que podem ser conformadas por laminação, trefilação ou forjaria). Desses dois tipos, os mais largamente usados são as ligas de forjaria, principalmente sob a forma de longarinas, revestimentos, suportes, rebites e seções extrudadas.

Ligas de fundição de alumínio são divididas em dois grupos básicos. No primeiro; as propriedades físicas das ligas são determinadas pelos ingredientes da liga e não podem ser mudadas após a fundição do metal.

No segundo; os ingredientes permitem sua mudança através de tratamento térmico do fundido, para se obter propriedades físicas desejadas.

As ligas de fundição são identificadas por uma letra, precedendo o número de classificação da liga. Quando uma letra preceder um número, isso significa uma ligeira variação na composição da liga original. Essa variação na composição é simplesmente para destacar alguma qualidade desejável. Na liga de fundição 214, por exemplo, a adição de zinco para melhorar suas qualidades deficientes é indicada pela letra A, em frente ao número de classificação, passando sua designação a A 214.

Quando os fundidos forem tratados a quente, o tratamento térmico e a composição do fundido é indicada pela letra T, seguida pelo número de classificação da liga. Um exemplo disso é a liga de fundição 355, a qual tem várias composições e tratamentos diferentes, e é designada por 355-T6, 355-T51 ou C355-T51.

Ligas de alumínio de fundição são produzidas por um dos seguintes três métodos: (1) moldagem em areia; (2) molde permanente; e (3) fundição sob pressão. Na fundição do alumínio deve ser levado em conta que, na maioria dos casos, diferentes tipos de ligas são usadas em diferentes processos de fundição.

Na fundição em areia ou molde permanente as peças são produzidas derramando-se metal fundido em um molde previamente preparado, permitindo que o metal se solidifique logo após a peça é removida. Se o molde é feito de areia, a fundição é dita "em areia"; se o molde é metálico (geralmente de ferro fundido), a fundição é dita "em molde permanente". Fundição em areia ou molde permanente, são pro-

duzidos, colocando-se o metal líquido na fôrma ou molde pela ação da gravidade.

Os dois tipos mais usuais de ligas fundidas em areia são a 112 e a 212. Há pouca diferença entre ambas, do ponto de vista mecânico, posto que ambas são adaptáveis a uma vasta gama de produtos.

O processo de fundição em molde permanente é um desenvolvimento atual do processo de fundição em areia, sendo que a diferença básica entre ambos é o material do molde. A vantagem desse método é que a porosidade superficial (rugosidade) é diminuída em relação ao uso do molde de areia. A areia e o elemento de ligação, entre os seus grãos (que mantém rígida a fôrma de areia) libera uma certa quantidade de gás quando o metal, à alta temperatura, penetra pelo molde, causando a porosidade.

Os fundidos em molde permanente são usados para se obter melhores propriedades mecânicas, melhor acabamento superficial ou dimensões mais acuradas. Há dois tipos de fundição em molde permanente: (1) o molde metálico permanente com suas partes internas também em metal; e (2) aqueles com molde metálico permanente externo com miolo em areia. Uma vez que estruturas cristalinas com grãos mais finos (menores) são produzidas, quando o resfriamento é mais rápido, os fundidos em molde permanente são de melhor qualidade. As ligas 122, A132 e 142 são comumente usadas em moldes permanentes, sendo o seu principal emprego, algumas peças internas dos motores a combustão.

Os fundidos sob pressão, usados em aviação, são geralmente, ligas de alumínio ou magnésio. Se o peso for de importância principal, dá-se preferência às ligas de magnésio, por serem mais leves que as ligas de alumínio. Entretanto, as ligas de alumínio são freqüentemente usadas por serem, em geral, mais resistentes que as de magnésio.

A fundição sob pressão é produzida forçando-se o metal líquido, sob pressão, para dentro de um molde metálico, permitindo que então se solidifique; após então, o molde é aberto e a peça separada.

A diferença básica, entre os fundidos sob pressão e os fundidos em molde permanente, é justamente o fato, em que no primeiro caso, o metal será pressionado para dentro do molde; ao passo que no segundo caso, o metal líquido fluirá por gravidade.

Os forjados de alumínio e de ligas de alumínio são divididos em duas classes gerais - aqueles que podem ser tratados termicamente e aqueles que não podem.

Nas ligas, que não se pode tratar termicamente as propriedades mecânicas, são melhoradas por trabalhos a frio. Quanto mais trabalhadas a frio (laminadas, trefiladas, extrudadas, etc.) após a normalização, melhores, em geral, ficam suas propriedades. Entretanto, aquecendo-se essas ligas até determinadas temperaturas, e após, normalizando-as, as melhoras introduzidas pelo trabalho a frio se perdem, e somente por novo trabalho a frio é possível recuperá-las. O endurecimento máximo depende da maior capacidade de trabalho a frio que possa ser praticado economicamente. O metal (liga) entregue em forma de barras, chapas, perfis, etc. partiu de um lingote e, dependendo de sua espessura, houve variável trabalho a frio, o que torna variável a melhora em suas propriedades.

Para o tratamento térmico das ligas de alumínio, as propriedades mecânicas são melhoradas a uma temperatura conveniente, mantendo-se a liga nessa temperatura, por determinado período de tempo, para se permitir que os componentes da liga se misturem em solução sólida, após o que a temperatura é rapidamente baixada, mantendo-se esses componentes em solução.

O metal é deixado em um estado supersaturado, instável, sendo então endurecido por envelhecimento natural a temperatura ambiente, ou então, envelhecido artificialmente em temperatura elevada.

Designação das ligas de alumínio

Alumínio ou ligas de alumínio trabalhadas (laminadas, forjadas, extrudadas, etc.) são designadas por um sistema de índices de quatro dígitos, sendo esse sistema dividido em três grupos distintos: o grupo 1xxx, o grupo 2xxx até 8xxx e o grupo 9xxx, sendo este último não usado até o presente.

O primeiro dígito é usado para identificar o tipo da liga; já o segundo dígito indica uma modificação específica da liga, que se for zero irá indicar que não houve controle especial sobre impurezas.

Dígitos de um ao nove, como segundo dígito, indica o número de controles sobre as impurezas no metal.

Os últimos dois dígitos do grupo 1xxx são usados para indicar, em centésimos de 1% acima dos originais 99% (de alumínio puro) designado pelo primeiro dígito. Assim, se os últimos dois dígitos forem 30, por exemplo, a liga poderá conter 99% mais 0,30% de alumínio puro, ou seja, 99,30%. Alguns exemplos seguem sobre esse grupo:

1100 - 99,00% de alumínio puro com um controle sobre impurezas individuais.

1130 - 99,30% de alumínio puro com um controle sobre impurezas individuais.

1275 - 99,75% de alumínio puro com dois controles sobre impurezas individuais.

No grupo que vai de 2xxx até 8xxx, o primeiro dígito indica o elemento de maior proporção na liga, conforme a convenção abaixo:

2xxx - cobre

3xxx - manganês

4xxx - silício

5xxx - magnésio

6xxx - magnésio e silício

7xxx - zinco

8xxx - outros elementos

Nesse grupo, de 2xxx a 8xxx, o segundo dígito indica modificações na liga, a menos que esse dígito seja 0, pois nesse caso a liga é a original. Os últimos dois dígitos identificam as diferentes ligas do grupo. (Figura 6-63).

Efeito dos elementos de liga

SÉRIE 1000 - 99% ou maior. Excelente resistência à corrosão, elevada condutividade térmica e elétrica, propriedades mecânicas, excelente capacidade de ser trabalhado, sendo o ferro e o silício as impurezas predominantes.

SÉRIE 2000 - O cobre é o principal elemento de liga. Instável a quente, propriedades ótimas equivalendo ao aço doce, pouca resistência à corrosão se não for cladeada (*cladding*). Geralmente é cladeada com liga 6000 ou

de maior pureza. Dessa série a mais conhecida é a 2024.

SÉRIE 3000 - O manganês é o principal elemento de liga. Não é tratável a quente (geralmente). A percentagem de manganês que começa a dar características especiais à liga é de 1,5%.

A liga mais comum dessa série é a 3003, que tem resistência moderada e boa capacidade de ser trabalhada.

SÉRIE 4000 - O silício é o principal elemento de liga, o que reduz sua temperatura de fusão. Seu principal uso é na soldagem. Quando usada na soldagem de ligas termicamente tratáveis, a solda vai responder pelo limitado desempenho desse tratamento a quente.

SÉRIE 5000 - O magnésio é o principal elemento de liga. Tem boas características de soldabilidade e resistência à corrosão. Altas temperaturas (acima de 65° C ou 150° C) ou trabalhos a frio excessivos irão aumentar sua susceptibilidade à corrosão.

SÉRIE 6000 - O silício e o magnésio formam um composto (silicato de magnésio) que faz com que a liga seja termicamente tratável. Tem resistência média, boa capacidade de ser conformado, além de resistência à corrosão. A mais popular é a liga 6061.

SÉRIE 7000 - O zinco é o principal elemento da liga. Quando associado ao magnésio resulta numa liga tratável termicamente, de resistência muito elevada. Geralmente, há cobre e cromo adicionados. A principal liga desta série é a 7075.

Identificação de dureza

Quando usada, a designação do endurecimento segue a designação da liga e é separada por um traço. Exemplo: 7075-T6, 2024-T4, etc.

A designação do endurecimento consiste de uma letra indicando o endurecimento básico, o qual pode ser mais especificamente definido pela adição de um ou mais dígitos.

Liga	Porcentagem dos elementos da liga O remanescente é constituído de alumínio e impurezas normais								
	Cobre	Silício	Manganês	Magnésio	Zinco	Níquel	Cromo	Chumbo	Bismuto
1100	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3003	.....	.....	1.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2011	5.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.5	0.5
2014	4.4	0.8	0.8	0.4	.....	.....	.....	.....	.....
2017	4.0	.....	0.5	0.5	.....	.....	.....	.....	.....
2117	2.5	.....	.....	0.3	.....	.....	.....	.....	.....
2018	4.0	.....	.....	0.5	.....	2.0	.....	.....	.....
2024	4.5	.....	0.8	1.5	.....	.....	.....	.....	.....
2025	4.5	0.8	0.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4032	0.9	12.5	.....	1.0	.....	0.9	.....	.....	.....
6151	.....	1.0	.....	0.6	.....	.....	0.25	.....	.....
5052	.....	.....	.....	2.5	.....	.....	0.25	.....	.....
6053	.....	0.7	.....	1.3	.....	.....	0.25	.....	.....
6061	0.25	0.6	.....	1.0	.....	.....	0.25	.....	.....
7075	1.6	.....	.....	2.5	5.6	.....	0.3	.....	.....

Figura 6-63 Composição nominal das ligas de alumínio.

Essas designações são as seguintes:

- F. como saídas da fábrica.
- O. normalizada, recristalizada (somente produtos trabalhados a frio).
- H. endurecido por trabalho a frio.
- H1. endurecido por trabalho a frio somente (pode ter um ou mais dígitos).
- H2. endurecido por trabalho a frio e parcialmente normalizado (pode ter um ou mais dígitos).
- H3. endurecido por trabalho a frio e estabilizado (pode ter um ou mais dígitos).

OBS: O dígito que segue H1, H2 ou H3 indica o grau de deformação a frio e conseqüente endurecimento.

O dígito "0" indica o estado de recozimento (normalização) pleno.

O dígito "8" representa a máxima resistência a tração possível, após o trabalho a frio.

Identificação do tratamento térmico

Na sua forma acabada (trabalhada a frio), o alumínio comercialmente puro é conhecido como 1100. Tem alto índice de resistência à corrosão e é facilmente conformado em formas

complicadas. Tem resistência relativamente baixa e não tem as propriedades necessárias para ser componente estrutural de uma aeronave. Altas ligas resultantes têm mais dificuldade em serem conformadas (com algumas exceções) e têm menor resistência à corrosão que o alumínio 1100.

A utilização de ligas (a inserção de outros elementos) não é o único método de aumentar a resistência do alumínio.

Como outros materiais metálicos, o alumínio torna-se mais forte e mais duro quanto mais for laminado, conformado, etc, ou seja, trabalhado a frio. Uma vez que a dureza depende do trabalho a frio realizado, a série 1100 (e algumas outras séries) pode ser encontrada em vários graus de dureza. A condição normalizada é indicada por "0". Caso seja endurecido por trabalho a frio, sua condição é indicada por "H".

As ligas mais amplamente usadas na construção aeronáutica são endurecidas, mais por tratamento térmico, que por trabalhos a frio.

Essas ligas são designadas por símbolos um pouco diferentes: "T4" e "W" indicam solução (sólido) tratada a quente e temperada, mas não envelhecida, e "T6" indica uma liga endurecida por tratamento a quente.

W. Solução (sólida) tratada a quente, endurecimento instável.

T. Tratado para produzir endurecimento estável, outros que não F, O ou H

T2 - Normalizado (somente para produtos forjados).

T3 - Solução (sólida) tratada a quente e, após, trabalhada a frio.

T4 - Solução (sólida) tratada a quente.

T5 - Somente envelhecida artificialmente.

T6 - Solução (sólida) tratada a quente e, após artificialmente envelhecida.

T7 - Solução (sólida) tratada a quente e, então estabilizada.

T8 - Solução (sólida) tratada a quente, trabalhada a frio e, então, envelhecida artificialmente.

T9 - Solução (sólida) tratada a quente, artificialmente envelhecida e, então, trabalhada a frio.

T10 - Artificialmente envelhecida e, então, trabalhada a frio.

Dígitos adicionais podem ser adicionados do T1 até o T10 para indicar a variação no tratamento, o qual significativamente altera as características do produto.

Na forma industrial (já trabalhada a frio) as chapas de ligas de alumínio comercializadas são marcadas com o número da especificação em cada pé quadrado (ft²) do material.

Se por acaso não constar essa identificação, é possível identificar-se uma liga, termicamente tratada, de outra que não tenha recebido tratamento térmico, imergindo-se uma amostra do material em uma solução de soda cáustica (hidróxido de sódio) a 10% (em massa).

Aquela que foi tratada termicamente, porque em geral possui cobre, vai ficar preta, enquanto as outras (por não possuírem cobre) continuam brilhantes.

No caso de material cladeado (*cladding*) sua superfície se mantém brilhante, mas olhando-se nos bordos, verificar-se á que os mesmos possuem uma camada interna preta.

Alumínio cladeado (*cladding*)

Os termos "*ALCLAD*" e "*PURECLAD*" são usados para designar chapas que consistem numa chapa interna de liga de alumínio, ensan-

duichada por duas chapas com espessura de 5,5% da espessura da chapa do miolo.

As chapas de alumínio puro proporcionam uma dupla proteção ao miolo, evitando, o contato com qualquer agente corrosivo, e protegendo o miolo eletroliticamente contra algum ataque causado por arranhões ou outras matérias abrasivas.

Titânio e ligas de titânio

O titânio foi descoberto por um religioso inglês chamado *Gregot*. Porém, o primeiro método comercial de produção do titânio metálico, a partir de seu minério, só ocorreu em 1925.

O Bureau de Minas dos Estados Unidos começou a produzir esponja de titânio em 1946, sendo que só após 4 anos começou sua fundição efetiva.

O emprego do titânio é muito abrangente. É usado em muitos empreendimentos comerciais e sua demanda tem aumentado muito, especialmente para bombas e outros itens sujeitos a ambientes corrosivos.

Na construção ou reparo de aeronaves, o titânio é usado no revestimento de fuselagens, carenagens de motores, paredes de fogo, longarinas, estruturas primárias, reforçadores, elementos de fixação e dutos de ar.

O titânio é usado para a fabricação de discos de compressores, anéis de espaçamento (de motor), palhetas do compressor (as fixas e as do disco), alojamento das turbinas e mais uma vintena de pequenas peças do motor.

A aparência do titânio é a mesma do aço inoxidável. Um método rápido usado para identificar o titânio é o teste da centelha ou fagulha.

Raspado no esmeril, o titânio solta uma fagulha branca, brilhante, sendo que a parte final dessa chispa espouca em várias pequenas fagulhas brancas e brilhantes.

É também possível sua identificação, umedecendo o titânio, usando-o para traçar uma linha sobre um pedaço de vidro. Sendo titânio, ficará uma linha escura semelhante a um traço de pincel.

Em termos de elasticidade, densidade e resistência à temperatura elevada, o titânio se situa entre o alumínio e o aço inoxidável. Tem um ponto de fusão entre 1500° C (2730° F) e 1730° C (3155° F) baixa condutividade térmica e pequeno coeficiente de expansão. É aproxi-

madamente 60% mais pesado que o alumínio e cerca de 50% mais leve que o aço inoxidável.

Por causa do seu alto ponto de fusão, suas propriedades em altas temperaturas são desastrosas.

O limite máximo de resistência do titânio cai rapidamente acima de 430° C (800° F). A absorção de oxigênio e nitrogênio do ar em temperaturas acima de 540° C (1000° F) fazem o metal tão quebradiço (após um relativamente longo intervalo de tempo) que cedo ele se torna incapaz de ser trabalhado. Entretanto, se a exposição for breve, o titânio pode ser exposto até 1650° C (3000° F) sem significativa perda de resistência.

Essa é uma característica que atende aos requisitos para paredes de fogo das aeronaves.

O titânio não é magnetizável e sua resistência elétrica é comparável a do aço inoxidável. Algumas das principais ligas de titânio são bastante duras.

O tratamento térmico ou emprego de ligas não desenvolve características de dureza na mesma proporção que as ligas de aço. Foi só recentemente que uma liga de titânio, tratada termicamente, foi desenvolvida.

Antes do desenvolvimento dessa liga, o aquecimento e a laminação eram os únicos métodos de conformação que poderiam ser realizados. Entretanto, é possível produzir-se uma nova liga maleável nas condições ambientais e endurecê-las por tratamento térmico.

Ferro, molibdênio e cromo são usados para estabilizar o titânio e produzir ligas que serão endurecidas por têmpera ou envelhecimento. A adição desses metais também adiciona ductilidade.

A resistência a fadiga do titânio é maior que a do aço ou do alumínio. O titânio torna-se mais macio quanto maior for o seu grau de pureza. Não é, porém, um procedimento prático a distinção entre os vários graus de titânio, comercialmente puro, ou sem liga, através de análise química; mais fácil é fazê-lo através de suas propriedades mecânicas.

Designações do titânio

A classificação A-B-C das ligas do titânio foi estabelecida para dar um conveniente e simples método, para descrever todas as ligas de titânio. O titânio e suas ligas possuem três tipos

básicos de cristais: A (alfa), B (beta) e C (combinação de alfa e beta). Suas características são:
A (alfa) - Bom desempenho geral, boa soldabilidade; resistente e forte, tanto frio quanto quente; resistente à oxidação.

B (beta) - flexibilidade; excelente ductilidade em flexão; forte, tanto frio quanto quente, porém vulnerável à contaminação.

C (combinação entre alfa e beta, com relação ao desempenho) - forte quando frio ou morno, porém fraco quando quente, boa flexibilidade, moderada resistência à contaminação; excelente forjabilidade.

O titânio é fabricado para propósitos comerciais em duas composições básicas: titânio comercialmente puro e liga de titânio. A-55 é um exemplo de uma liga de titânio comercialmente puro.

Tem um limite de resistência de 55.000 a 80.000 p.s.i. e é de emprego geral para conformação de moderada a severa. É, algumas vezes, usado para componentes não-estruturais da aeronave e para todos os tipos de aplicações, onde se faça necessário a resistência à corrosão, como em tubulações.

O tipo A-70 é intimamente relacionado ao tipo A-55 (anteriormente descrito), mas tem um limite de resistência entre 70.000 e 95.000 p.s.i. É usado onde a máxima resistência é requerida e é especificado para componentes da aeronave moderadamente solicitados. Para aplicações onde se pressupõe que haja corrosão, é feita uma substituição pelo A-55. Tanto o A-55 quanto o A-70 são soldáveis.

Uma das ligas à base de titânio mais amplamente utilizadas é chamada de C-110M. É utilizada para componentes da estrutura primária e revestimento da aeronave, tendo seu limite de resistência da ordem de 110.000 p.s.i. Contém 8% de manganês.

Tipo A-110 AT é uma liga que contém 5% de alumínio e 2,5% de estanho. Tem um elevado limite de resistência em elevadas temperaturas, com as excelentes características de soldabilidade, típicas das ligas tipo A (alfa).

Características em relação à corrosão

A resistência à corrosão do titânio merece uma especial atenção. A resistência do metal à corrosão decorre da formação de um filme

de proteção de óxido estável ou de oxigênio quimicamente absorvido. Esse filme é normalmente produzido pela presença de oxigênio e de agentes de oxidação.

A corrosão do titânio é uniforme. Há pouca evidência da formação de orifícios ("*pitting*") ou de uma outra forma séria de corrosão localizada. Normalmente, é imune à corrosão sob tensão fraturante, corrosão em fadiga, corrosão intergranular ou corrosão galvânica. Sua resistência à corrosão é igual ou superior a do aço inoxidável 18-8.

Testes de laboratório com soluções ácidas e salinas mostram que o titânio rapidamente se polariza. O efeito global, em geral, e a diminuição do fluxo de corrente em células galvânicas e de corrosão.

Correntes de corrosão na superfície do titânio e pares metálicos são naturalmente restritos. Nisso, particularmente, deve ser considerada a boa resistência a muitos produtos químicos; pode ser também usado com metais diferentes sem nenhum efeito danoso em ambos.

Cobre e ligas de cobre

O cobre é um dos metais de mais vasta gama de emprego. É o único de cor avermelhada e o de melhor condutividade elétrica, após a prata. Seu emprego, como elemento estrutural, é limitado por sua densidade relativamente elevada. Entretanto, algumas de suas características de destaque, como as condutividades térmicas e elétrica, compensam o fator peso.

Sendo muito dúctil e maleável, o cobre é ideal para a confecção de fios e arames. É corroído por água salgada, mas não é afetado por água doce. A resistência máxima à tração, do cobre, varia muito. Para o cobre fundido, a resistência à tração é de 25.000 p.s.i., enquanto para o cobre laminado ou extrudado a resistência à tração sobe para uma faixa de 40.000 p.s.i. a 67.000 p.s.i.

Na construção aeronáutica, o cobre é usado, principalmente nos sistemas elétricos, para barras de ligações elétricas, conectores e arames de freio.

A principal liga de cobre é feita com o berílio. É de desenvolvimento relativamente recente contendo, cerca de 97% de cobre, 2% de berílio e níquel.

A principal característica dessa liga é a de que suas propriedades físicas podem ser am-

plamente melhoradas através do tratamento térmico, subindo a resistência à tração de 70.000 p.s.i., com o metal normalizado, até à 200.000 p.s.i. com tratamento térmico. A resistência da liga à fadiga e ao desgaste, fazem dela, conveniente para a confecção de diafragmas, rolamentos e buchas de precisão, gaiolas das esferas e molas de pressão.

Latão é uma liga de cobre contendo zinco e uma pequena quantidade de alumínio, ferro, chumbo, manganês, níquel, fósforo e estanho. Latão contendo 30% a 35% de zinco é muito dúctil, mas se essa percentagem subir para 45%, sua resistência aumenta bastante.

O metal MUNTZ é o latão contendo 60% de cobre 40% de zinco. Tem qualidades excelentes de resistência à corrosão na água salgada. Sua resistência é aumentada por tratamento térmico.

Quando fundida essa liga tem resistência limite à tração de 50.000 p.s.i. e pode sofrer um alongamento de 18%. É usada na fabricação de parafusos e porcas, assim como de componentes que venham a ter contato com a água salgada.

O latão vermelho, algumas vezes chamado de bronze por causa do seu teor de estanho, é usado em braçadeiras das linhas de combustível e óleo. Esse metal presta-se bem a fundição, com bom acabamento, dispensando, algumas vezes, a usinagem.

Os bronzes são ligas de cobre contendo estanho. Os bronzes verdadeiros têm até 25% de estanho, mas aqueles com menos de 11% são mais utilizáveis, especialmente para braçadeiras de tubos.

Entre as ligas de cobre estão as ligas de cobre-alumínio, das quais os bronzes ao alumínio são de grande uso em aviação. Teria uma maior utilização em estruturas, se não fosse a relação peso-resistência comparada com ligas de aço.

Bronzes de alumínio trabalhados a frio são quase tão fortes e dúcteis como o aço de médio carbono, além de possuir elevada resistência à corrosão por ar, água salgada e produtos químicos. São facilmente forjáveis, lamináveis a quente ou a frio, sendo que algumas reagem favoravelmente ao tratamento térmico.

Essas ligas de cobre contêm até 16% de alumínio (entre 5% e 11%, normalmente), a qual outros metais, como o ferro, o níquel ou o manganês, podem ser adicionados.

Os bronzes ao alumínio têm qualidades, como resistência à ruptura, grande resistência à tração, dureza, além de resistir bem a impactos e à fadiga. Graças a essas qualidades, esses bronzes são utilizados na fabricação de diafragmas, engrenagens e bombas.

Os bronzes ao alumínio são disponíveis em hastes, barras, placas, chapas, tiras e forjados.

Bronze ao alumínio fundido, formado de 89% de cobre, 9% de alumínio e 2% de outros elementos, tem alta resistência à tração, além de ductilidade, resistência à corrosão, aos impactos e à fadiga.

Graças a essas características, bronzes ao alumínio fundidos são usados como embuchamento e componentes de bombas. Têm também aplicação em meios agressivos, como água salgada e gases corrosivos.

Bronze ao manganês tem resistência à tração excepcionalmente elevada, flexibilidade e resistência à corrosão.

É uma liga que pode ser conformada, laminada ou extrudada em qualquer forma. É geralmente usado na fabricação de engrenagens e outros componentes do sistema de trem de pouso.

Bronze-silício é um desenvolvimento relativamente recente, composto de 95% de cobre, 3% de silício, além de manganês, ferro, zinco, estanho e alumínio.

Embora não seja propriamente um bronze (considerando a pequena quantidade de estanho), o bronze-silício tem elevada resistência à tração e à corrosão.

Monel

O MONEL, a principal liga tendo por metal base o níquel, combina as propriedades desse metal de alta resistência, à tração com excelente resistência à corrosão. Essa liga consiste de 68% de níquel, 29% de cobre, 0,2% de ferro, 1% de manganês e 1,8% de outros elementos. Não pode ser endurecida por tratamento térmico.

O MONEL pode ser fundido, trabalhado a quente e a frio, podendo também ser soldado. O seu emprego, quanto às suas características mecânicas, equivale ao aço.

Quando forjado e normalizado tem resistência à tração de 80.000 p.s.i. Esse valor pode ser aumentado, por trabalho a frio, para 125.000

p.s.i., suficiente para ser qualificado como uma liga flexível.

O MONEL tem sido utilizado com sucesso para engrenagens e correntes para operar trens de pouso retráteis e para componentes estruturais sujeitos à corrosão.

Em aviação, o MONEL é usado para componentes submetidos a esforços que exijam resistência à tração e à corrosão, como dutos de exaustão, além de partes de carburadores, como válvulas de agulha (dosadores), etc.

K - Monel

O K-MONEL é uma liga não-ferrosa, contendo principalmente níquel, cobre e alumínio. É produzida pela adição de uma pequena quantidade de alumínio à formulação do MONEL. É resistente à corrosão e capaz de ser endurecido por tratamento térmico.

O K-MONEL tem sido usado com sucesso em engrenagens e componentes estruturais de aeronaves que sejam sujeitos a ataques corrosivos. É uma liga não-magnetizável, qualquer que seja a temperatura a ser exposta. Chapas de K-MONEL podem ser soldadas com sucesso, tanto por solda elétrica, quanto por solda oxi-acetilênica.

Magnésio e ligas de magnésio

O magnésio, o metal estrutural mais leve que existe, é um metal cor prata esbranquiçada que pesa só dois terços do que pesaria uma peça de alumínio de mesmas dimensões. O magnésio não possui suficiente resistência para fins estruturais em seu estado puro, porém pode ser ligado ao zinco, alumínio ou manganês, produzindo ligas de altíssima relação resistência/peso, inigualável, comparativamente aos metais comumente usados.

O magnésio é, provavelmente, o mais largamente distribuído pela natureza, que qualquer outro metal. Pode ser obtido de minérios, como a dolomita e a magnesita, ou da água do mar, salmouras e soluções usadas de potassa. Uma milha cúbica de água do mar contém 10 milhões de libras de magnésio.

Algumas das aeronaves empregadas hoje em dia chegam a empregar meia tonelada, para ser utilizado numa centena de pontos vitais. Alguns painéis das asas são inteiramente fabricados de ligas de magnésio, pesando 18% menos

que os painéis de alumínio, tendo voado muitas horas sem problemas. Entre os componentes de uma aeronave que são fabricados com magnésio com substancial redução de peso, estão: portas do alojamento da bequilha, revestimento dos flapes e dos ailerons, pontas de asa, carenagens do motor, tanques de óleo do motor e hidráulico, painéis de instrumentos, alojamento das garrafas de oxigênio, dutos e assentos.

As ligas de magnésio possuem boas características de fundição. Suas propriedades, em comparação ao alumínio, lhes são favoráveis. Na forjaria são normalmente usadas prensas hidráulicas, embora, sob certas condições, o forjamento possa ser efetivado com prensas mecânicas ou martelos.

As ligas de magnésio são susceptíveis a tratamentos térmicos como recozimento (normalização), têmpera, envelhecimento, etc. Chapas e placas de magnésio são normalizados antes de serem laminadas.

O tratamento de solubilização a quente é realizado com o propósito de diluir, na liga, a maior quantidade possível de ingredientes, o que resulta em máxima resistência a tração e ductilidade. O envelhecimento é aplicado para fundidos após um tratamento térmico, onde a máxima dureza e resistência à deformação são desejadas.

O magnésio encerra em si o perigo de queimar-se, de forma imprevisível. Quando o componente tem uma seção grande, sua alta condutividade térmica impossibilita a auto-ignição, evitando a combustão. Ele não se incendia até que o ponto de fusão seja alcançado, em torno de 650° C (1200° F). Entretanto, magnésio em pó ou pedaços pequenos, entra em auto-ignição facilmente.

Precauções devem ser tomadas para evitar, se possível, que tal ocorra. Havendo a possibilidade de ocorrer fogo, ele pode ser extinto com extintor de pó, como pedra-sabão em pó ou grafite em pó. Extintores de água, líquidos em geral e espuma, tendem a fazer com que o magnésio se queime mais rapidamente, podendo causar até explosão.

Ligas de magnésio produzidas nos Estados Unidos, consistem de magnésio ligados em proporções variáveis ao alumínio, manganês e zinco. Essas ligas são designadas por uma letra do alfabeto, seguida do número 1, indicando alta pureza e máxima resistência à corrosão.

Muitas das ligas de magnésio fabricadas nos Estados Unidos são produzidas pelo "*Dow Chemical Company*" e têm o nome genérico comercial de ligas *Dowmetal*. A distinção entre essas ligas é feita por uma letra após a marca. Assim tem-se *Dowmetal J*, *Dowmetal M*, etc.

Outro fabricante americano de ligas de magnésio é *American Magnesium Corporation*, uma subsidiária da *ALCOA* (*Aluminum Company of America*). Essa companhia usa um sistema de identificação idêntico ao usado para ligas de alumínio, com a exceção de que a designação das ligas de magnésio são precedidas das letras AM. Assim, AM240C é uma liga fundida; já AM240C4 é a mesma liga tratada termicamente. AM3S0 é uma liga trabalhada e normalizada; já AM3SRT é a mesma liga laminada após tratamento térmico.

REPOSIÇÃO DE METAIS DE UTILIZAÇÃO AERONÁUTICA

Na seleção de metais substitutos para a manutenção e reparo de aeronaves, é muito importante verificar o manual de reparos estruturais apropriado.

Os fabricantes de aeronaves projetam os membros estruturais para atender um requisito específico de carga para uma aeronave específica. Os métodos para reparação desses membros, aparentemente idênticos na construção, vão variar muito para aeronaves diferentes.

Quatro requisitos devem ser levados em conta, quanto a seleção de metais substitutos. O primeiro, e mais importante deles, é a manutenção da resistência da estrutura original. Os três outros são: (1) Manutenção do contorno ou forma aerodinâmica; (2) Manutenção do peso o mais próximo possível do original (admitindo-se um pequeno acréscimo); e (3) Manutenção das características de resistência à corrosão.

PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO TÉRMICO

O tratamento térmico é uma série de operações, envolvendo o aquecimento e o resfriamento de metais no estado sólido. Seu propósito é o de mudar as propriedades mecânicas ou a combinação de propriedades mecânicas, tal que o metal se torne mais adaptável e seguro para um propósito definido.

Através do tratamento térmico suas características de dureza resistência à tração, resistência ao impacto, etc. são melhoradas. Também pode torná-lo mais macio, mais dútil. Na verdade, o tratamento térmico não cria características para o metal, mas melhora algumas em detrimento de outras. Por exemplo: ao ser endurecido, o metal torna-se quebradiço.

Os vários processos de tratamento térmico são semelhantes no sentido de todos envolvem aquecimento e resfriamento do metal. Entretanto, as diferenças aparecem com as diferentes temperaturas de aquecimento, a velocidade com que são resfriados às temperaturas a que são resfriados, etc. Tudo afeta o resultado final.

Os tipos mais comuns de tratamento térmico para metais ferrosos são: têmpera, revenimento, normalização, recozimento e cementação.

A maioria dos metais não ferrosos pode ser recozida e muitos deles podem ser endurecidos por tratamento térmico. Entretanto, há somente um metal não ferroso, o titânio, que pode ser cementado; porém nenhum pode ser revenido ou normalizado.

Estrutura Interna dos Metais

Os resultados obtidos pelo tratamento térmico dependem em grande parte da estrutura do metal, e da maneira através da qual essa estrutura muda quando é aquecida ou resfriada. Um metal puro não pode ser temperado (endurecido) por tratamento térmico, porque há pouca mudança em sua estrutura interna causada pelo aquecimento.

Já a maioria das ligas metálicas responde bem ao tratamento térmico, posto que o aquecimento e o resfriamento produzem mudanças significativas nas suas estruturas internas.

Uma liga metálica pode estar na forma de uma solução sólida, de uma mistura mecânica ou de uma combinação dessas duas. Quando uma liga metálica está na forma de uma solução sólida, os elementos e compostos que formam a liga são dissolvidos, um no outro, da mesma forma que uma colher de sal se dissolve na água, não sendo possível identificá-los nem mesmo ao microscópio.

Quando dois ou mais elementos ou compostos são misturados, mas podem ser identificados através do exame ao microscópio, temos uma mistura mecânica.

Uma mistura mecânica pode ser comparada a uma mistura de areia e brita usada no concreto.

Tanto a areia como a brita são visíveis e distintas. Tal como a areia e a brita, que são mantidas ligadas por uma matriz de cimento, outros materiais de uma liga podem ser a ela ligados na matriz formada pelo metal base.

Uma liga na forma de mistura mecânica em temperatura normal pode mudar para uma solução sólida, uma vez aquecida.

Quando resfriada até a temperatura ambiente, a liga metálica pode voltar a sua estrutura original.

Pode também ocorrer que, sendo resfriada, permaneça em solução sólida ou forme uma combinação de solução sólida com mistura mecânica.

Uma liga metálica que consiste da combinação de solução sólida com mistura mecânica, em temperatura normal, pode transformar-se em solução sólida quando aquecida.

Quando resfriada, a liga pode permanecer como solução sólida, retornar a sua estrutura original ou formar uma solução complexa.

EQUIPAMENTO PARA TRATAMENTO TÉRMICO

A eficiência do tratamento térmico exige um controle acurado sobre todos os fatores que controlam o aquecimento e o resfriamento do metal. Tal controle só é possível quando o equipamento apropriado está disponível, e o equipamento fica a disposição para atender um trabalho específico.

Assim, o forno deve ter tamanho e tipo apropriados, além de ter controle sobre a temperatura de operação, mantendo-a rigorosamente dentro dos limites prescritos.

Até mesmo a atmosfera que envolve o forno, afeta o tratamento térmico, no qual a peça está sendo submetida. Posteriormente, o equipamento de têmpera e o fluido refrigerante a ser usado para a têmpera (água, óleo, salmoura, etc.) devem ser selecionados para determinar os parâmetros a serem alcançados pelo tratamento térmico.

Finalmente, deverão existir equipamentos apropriados para o manuseio das peças e dos materiais, para a limpeza dos metais e para o desempenho dessas peças.

Fornos e banhos de sal

Há muitos tipos e tamanhos diferentes de fornos usados para tratamento térmico. Como regra geral, os fornos são projetados para operar em determinadas faixas de temperatura; a sua utilização em outras faixas que não as previstas no projeto original, resulta em trabalhos de baixa qualidade.

Além disso, a sua utilização em temperaturas muito elevadas (próxima ou acima da temperatura máxima) reduz a vida do forno e aumenta seus custos de manutenção.

Fornos alimentados a combustível (óleo ou gás) necessitam de ar insuflado por ventoinha ou compressor, para manter a combustão adequadamente.

Nesses fornos a combustão tem lugar externamente à câmara de trabalho. Quando é utilizado um forno desse tipo, deve-se ter o cuidado de evitar que a chama penetre na câmara, onde as peças estão sendo submetidas a tratamento.

Em fornos elétricos, geralmente o calor é desprendido de resistências elétricas. Projetos bem feitos de fornos elétricos prevêm o emprego de resistências adicionais nos pontos onde há perda de calor. Esses fornos operam até 2500° F (cerca de 1350° C) utilizam-se resistências sinterizadas de carbonetos.

Medida da temperatura e controle

A temperatura de um forno é medida através de um pirômetro, um instrumento termoeletrico. O pirômetro baseia-se na diferença de potencial criada por um par termoeletrico (termopar), tanto maior quanto maior for a temperatura. Um pirômetro completo é composto do termopar, cabos elétricos e medidor.

Os fornos projetados para basicamente fazerem o revenimento podem ser aquecidos a gás ou à eletricidade, sendo que alguns possuem uma ventoinha para a circulação do ar aquecido.

Banhos de sal são disponíveis, tanto para têmpera quanto para revenimento. Dependendo da composição do banho de sal, a temperatura de aquecimento pode ser conduzida de 325° F (cerca de 160° C) até 2450° F (cerca de 1350° C). Ao invés do sal pode ser usado o chumbo fundido de 650° F (cerca de 345° C) até 1700° F (cerca de 925° C). A taxa de aquecimento nos banhos de sal ou chumbo fundidos é bastante

rápida nos fornos (mais rápidas do que aquecimento ao ar).

Os fornos para tratamento térmico diferem em tamanho, forma, capacidade, construção, operação e controle. Podem ser circulares ou retangulares; podem ser montados sobre pedestais, ou diretamente no chão, ou mesmo enterrados no chão.

Quando o metal estiver pronto para receber tratamento térmico, deverá ser imerso no banho de sal ou chumbo, para aumento de temperatura; o banho é feito dentro de cadinho ou pote apropriado.

O tamanho e a capacidade de um forno para tratamento térmico dependem do uso que se queira fazer dele. Um forno deve ser capaz de aquecer rápida e uniformemente, independente do tamanho da peça a ser submetida a tratamento térmico.

Como regra geral, os fornos mais comuns, devem ter o dobro do comprimento e três vezes a largura da peça a ser tratada.

A precisão na medida da temperatura é essencial a um bom tratamento térmico. O método mais comum é com a utilização de um termopar, como cobre-constantan (até 700° F ou 370° C), ferro-constantan (até 1400° ou 760° C) ou cromel-alumel (até 220° F ou 1200° C). O termopar constituído de um contato formado da liga de platina (90%) e ródio (10%) e outro contato formado da liga de platina (87%) e ródio (13%), medem temperaturas até 2800° F ou 1540° C.

A vida útil de um termopar é afetada pela temperatura máxima de sua faixa de utilização (freqüentemente sobrepassa-se essa temperatura) bem como pela atmosfera que envolve o forno.

O ferro-constantan é mais indicado para uso em atmosfera redutora; o cromel-alumel, para atmosfera oxidante.

Os termopares são comumente encapsulados por material cerâmico, na sua extremidade mais quente para protegê-los da atmosfera dos fornos. Faz-se necessário conectar os dois contatos do termopar a um microvoltímetro para que seja medida a diferença de potencial gerada. Para que a temperatura da peça submetida ao tratamento térmico seja acurada, faz-se necessário a aproximação do termopar à mesma.

É desejável também um eficiente sistema de controle da temperatura do forno, de modo a mantê-la ajustada no valor desejado.

Há pirômetros que indicam a temperatura no momento da medição (instantânea); outros fazem o registro da variação da temperatura durante o tratamento térmico.

Os pirômetros modernos são acoplados aos sistemas de ajuste do forno, mantendo-o à temperatura desejada. Instrumentos desse tipo são pirômetros com potenciômetro de controle. Eles possuem incorporados, um regulador de corrente e um mecanismo de operação como relé.

Aquecimento

O objetivo do aquecimento é transformar a perlita (uma mistura mecânica do carbono de ferro que existe numa condição microscópica) em austenita, tão logo o aço atinja uma temperatura crítica.

Uma vez que essa transição demanda um certo lapso de tempo, o incremento de temperatura, próximo à temperatura crítica, deve ser vagaroso. Geralmente a peça a ser tratada termicamente é inserida (estando na temperatura ambiente) com o forno em temperatura 300° F a 500 F (1500° C/250° C), abaixo da temperatura crítica, evitando-se assim que a temperatura da peça ultrapasse rapidamente a temperatura crítica.

Caso não haja um equipamento (pirômetro) para medir a temperatura, faz-se necessário estimá-la por outros meios.

Um meio barato, embora pouco acurado, é a observação da coloração do aço enquanto é tratada a peça. A pouca acuracidade deve-se, principalmente, ao fato da coloração ser afetada por vários fatores, como as condições de iluminação (natural ou artificial), o tipo de carepa (casca de óxido que se forma sobre a peça), etc.

O aço torna-se vermelho esmaecido a 1000° F (aproximadamente 540° C); com o aquecimento aumentando, a temperatura vai subindo, passando a coloração pelos vários matizes de vermelho, daí ao amarelo até o branco. Essa descrição está demonstrada, de modo esquemático, na Figura 6-64.

É também possível ter-se alguma idéia da temperatura de uma peça de carbono ou aço de baixo teor de carbono, para baixas temperaturas (usadas para revenimento), pela cor de uma fina camada de óxido que se forma em uma superfície limpa de aço, quando aquecida nessa faixa de temperatura.

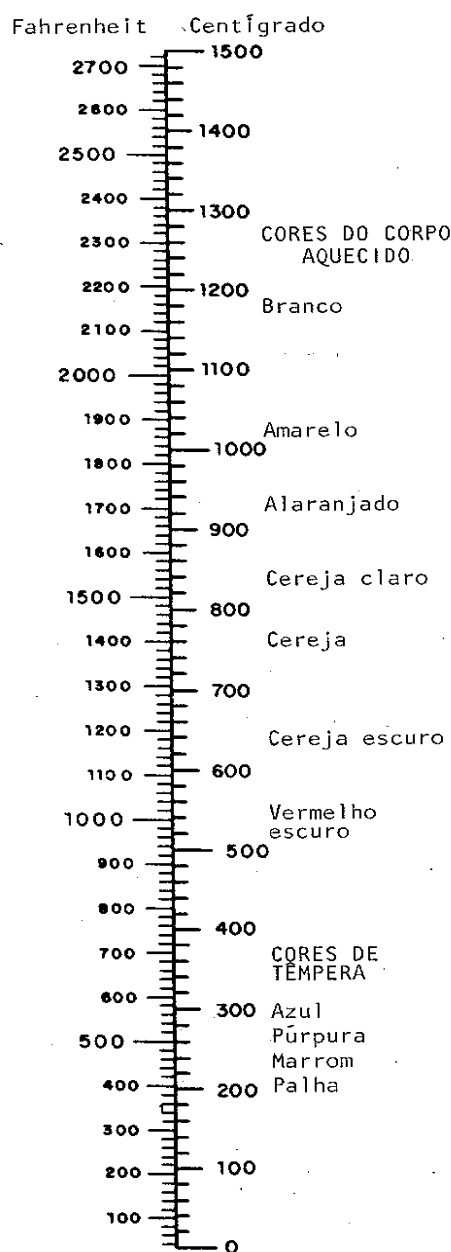


Figura 6-64 Conversão de temperatura e escala de cores de corpos para têmpera e revenimento

Atmosferas protetoras

É freqüentemente necessário ou desejável proteger o aço ou o ferro fundido da oxidação superficial (carepa) e perda de carbono das superfícies externas das peças. Fornos comerciais, entretanto, são geralmente equipados com alguns meios de controle da atmosfera.

O vapor d'água, um produto da combustão, é degenerador das peças trabalhadas (afeta sua superfície); assim, muitos fornos possuem meios de eliminá-lo. Para fornos não equipados com controle de atmosfera, uma variedade de fontes externas de gases específicos para substi-

tuição dessa atmosfera contaminada é disponível. Caso não haja nenhum controle disponível da atmosfera, alguma proteção pode ser dada recobrando-se a peça a ser tratada com limalha ou cavacos de ferro fundido.

No caso em que o trabalho seja realizado em banho de sal ou chumbo fundido, o problema da prevenção da carepa ou descarburização fica simplificado.

Fornos a vácuo também são usados para recozimento (ou outro tratamento) dos aços, especialmente quando se deseja obter uma superfície livre de qualquer oxidação.

Rearranjamento da estrutura interna ("soaking")

Ao atingir a temperatura crítica (varia com a liga do aço), começa a haver um rearranjo de sua estrutura interna. O período de tempo que a peça deve ser mantida nessa temperatura é o necessário para que haja o rearranjo completo de sua estrutura interna. Depende, pois, da constituição da liga e das suas dimensões. Como regra geral, de 30 minutos a 1 hora, é um tempo suficiente.

Resfriamento

A velocidade de resfriamento vai determinar a estrutura interna, que será mantida no aço submetido a tratamento térmico. Várias velocidades são estabelecidas em função dos resultados que se deseja obter. O ar calmo (ar ambiente) é um meio lento de refrigeração, mas é mais rápido do que o resfriamento, dentro (e junto) com o próprio forno.

Os líquidos são os meios mais rápidos de resfriamento, sendo os mais usados para a tempera do aço.

Os meios líquidos de resfriamento mais usados são: a água, a salmoura e o óleo. A salmoura é o meio mais rápido de resfriamento, seguido da água e do óleo.

Geralmente o banho de óleo é usado para aços-liga; a salmoura e a água, para aços-carbono.

Banhos

Os banhos têm ação somente pela sua capacidade de resfriar o aço. Não há nenhuma ação química, tampouco nenhuma qualidade é

transferida do banho ao metal. A maior parte dos requisitos para banhos são atendidas pela água, pelas soluções aquosas de sal (cloreto de sódio) ou soda cáustica e por alguns tipos de óleo.

A salmoura é geralmente preparada com 5% a 10% de sal em água. Em adição à sua grande velocidade de resfriamento, a salmoura tem capacidade de remover a carepa do aço durante o banho. Já a capacidade de resfriamento, tanto da água como da salmoura, mais especificamente da água é consideravelmente afetada pela temperatura. Ambas devem ser mantidas abaixo de 60° F (cerca de 15° C).

Caso a massa do aço que está sendo imersa, tender a aumentar a temperatura do banho, este deve ser mantido em baixa temperatura, pela adição de gelo ou outro meio de refrigeração.

Há muitos banhos de óleo, especialmente preparados, no mercado; suas taxas de resfriamento não diferem muito entre si. Geralmente são usados óleos minerais com viscosidade ("saybolt") com índice 100 a 100° F (38° C). Ao contrário da água e da salmoura, o óleo tem sua mais rápida taxa de resfriamento em temperaturas mais elevadas; entre 100° F (38° C) a 140° F (60° C), por causa da diminuição da viscosidade nessa faixa de temperatura.

Quando o aço é imerso no banho, o líquido imediatamente em contato com a superfície aquecida se vaporiza. Esse vapor reduz significativamente a absorção de calor. A agitação vigorosa da peça ou o uso de pulverização com líquido do banho são necessários para deslocar a camada de vapor, permitindo, então, a desejada taxa de resfriamento.

A tendência do aço para empenar ou trincar durante o resfriamento no banho é difícil de se prevenir, porque algumas partes das peças resfriam mais rapidamente que outras. As recomendações que se seguem auxiliam a reduzir a tendência ao empenamento:

1. A peça nunca deve ser atirada no banho de resfriamento. Deixando que a peça permaneça no fundo do banho, há tendência para que ocorra uma taxa de resfriamento na sua parte superior, causando empenamento e surgimento de trincas.
2. A peça deve ser agitada rapidamente para evitar que surja uma camada de vapor entre a peça e o banho, o que reduz a taxa de res-

friamento. Isso vai permitir a saída do calor para a atmosfera.

3. Peças com formas irregulares devem ser imersas no banho, de tal forma, que aquelas partes mais "massudas" (com maior volume) entrem primeiro em contato com o banho.

Equipamentos de resfriamento

O tanque de resfriamento deve ser de tamanho apropriado para permitir o manuseio do material a ser resfriado. Banhos de circulação de fluido e refrigeradores podem ser usados para manter a temperatura desejada, aproximadamente constante, quando o serviço exige uma grande quantidade de banhos.

A fim de se evitar a concentração de sal nos banhos de salmoura, deve ser providenciada a adição de água nesses banhos.

A localização do tanque de banho, com relação ao forno, onde se dá o tratamento térmico é importante.

O tanque deve estar localizado, de tal forma, que permita a rápida transferência da peça do forno ao banho. Um lapso de tempo maior que alguns segundos acarretará, em alguns casos, a perda da eficiência do tratamento térmico.

Quando um material de pouca espessura estiver sendo tratado, deve ser agregado a uma massa maior de metal, de sorte a manter o calor (e a temperatura) durante o percurso do forno ao tanque. Um tanque de lavagem adicional deve existir por perto para a remoção do sal que se deposita sobre a peça, assim que sai do banho de salmoura.

TRATAMENTO TÉRMICO DE METAIS FERROSOS

A primeira consideração importante no tratamento térmico de uma peça de aço é o conhecimento de sua composição química. Com isso ficará determinado o seu ponto crítico superior.

Sendo o ponto crítico superior conhecido, a próxima consideração é a taxa de aquecimento e resfriamento a ser usada.

A condução dessas operações envolve o uso de formas de aquecimento uniforme, controles apropriados de temperatura e banhos de resfriamento convenientes.

Comportamento do aço durante o aquecimento e o resfriamento

A mudança na estrutura interna de um metal ferroso ocorre pelo aquecimento a uma temperatura acima de seu ponto crítico, onde o metal é mantido por um determinado intervalo de tempo, durante o qual ocorre o reordenamento de sua estrutura, após o que, é resfriado até a temperatura ambiente, segundo condições predeterminadas.

Em temperatura ambiente, o carbono participa do aço na forma de carboneto de ferro, como partículas espalhadas através da estrutura cristalina do ferro (ferrita). A quantidade, tamanho e distribuição dessas partículas determinam a dureza do aço.

Em temperaturas elevadas, o carbono participa do aço dissolvido na estrutura cristalina do ferro, na forma de uma solução sólida chamada "austenita", aparecendo as partículas de carboneto somente após o aço ter sido resfriado.

Caso o resfriamento seja lento, as partículas de carboneto apresentam-se grosseiras e em pequena quantidade; o aço resultante é macio (pouco duro). Caso o resfriamento seja rápido, quando se usa banho de água ou óleo, o carbono se precipita como uma névoa de partículas muito finas de carboneto; o aço resultante é duro.

A capacidade que têm os carbonetos de se dissolverem em austenita é a base do tratamento térmico do aço. As temperaturas nas quais esta transformação tem lugar são chamadas críticas e dependem da composição do aço, sendo que basicamente, o teor de carbono é quem dita essa temperatura.

Endurecimento (têmpera)

Ferro puro, ferro forjado ou aços com baixíssimo teor de carbono não podem ser apreciavelmente endurecidos pelo tratamento térmico, quando há pouco dos elementos capazes de endurecê-lo (carbono). O ferro fundido pode ser endurecido, porém sua capacidade de endurecimento é pequena.

Quando o ferro fundido é resfriado rapidamente, forma-se ferro branco, que é duro e quebradiço; quando resfriado lentamente, forma-se ferro cinzento, que é macio mas quebradiço (com impactos).

Como já foi dito, o endurecimento do aço depende do seu teor de carbono. Aumen-

tando o seu teor de carbono, aumentará a capacidade do aço endurecer.

Isso vai até um certo limite de carbono. Acima de 0,85% de carbono não há mais aumento do endurecimento.

Para a maioria dos aços, o tratamento de endurecimento (têmpera) consiste do aquecimento do aço a uma temperatura pouco acima da temperatura crítica, onde aguarda um determinado espaço de tempo, após, é rapidamente resfriado em óleo, água ou salmoura. Embora a maior parte dos aços deva ser resfriada rapidamente para têmpera, alguns poucos podem ser resfriados ao ar ambiente. A têmpera aumenta a dureza e a resistência do aço, mas a faz menos dútil.

Quando temperando um aço carbono, deve-se abaixar sua temperatura para menos de 1.000° F (540° C) em menos de 1 segundo. Caso o tempo de resfriamento para menos de 1.000° F exceda 1 segundo, a austenita começa a se transformar em perlita de grão muito fino.

Essa perlita varia em dureza, mas é mais dura que a perlita formada pelo recozimento, porém muito mais macia que a martensita desejada. Após atingida a temperatura de 1000 ° F (quando do resfriamento), o resfriamento deve continuar com bastante velocidade, caso a estrutura final desejada seja toda martensítica.

Quando elementos de liga são adicionados ao aço, o lapso de tempo para a queda de temperatura até 1000° F aumenta em 1 segundo em relação aos aços-carbono. Assim, um meio refrigerante (banho) não muito severo, é capaz de produzir a têmpera de aços-liga.

Por causa das elevadas tensões internas causadas pela têmpera, o aço pode ser revenido antes de esfriar totalmente. Nesse caso, a peça deve ser removida do banho de resfriamento a uma temperatura de 200° F (cerca de 95°C), posto que dessa temperatura para baixo, até a temperatura ambiente, é quando começam a surgir as trincas.

As temperaturas de têmpera e dos banhos de refrigeração estão listadas na tabela 6-65.

Precauções com a têmpera

É necessário que se tenham disponíveis uma variedade de formas e tamanhos de tenazes para manusear o aço aquecido. Deve ser lembrado que o resfriamento da parte da peça que

fica em contato com as tenazes é alterado, sendo que tal área pode não ser endurecida, principalmente se o aço que está sendo tratado requiera tratamento somente superficial. Peças pequenas podem ser amarradas ou mergulhadas, estando dentro de cestos de arame.

A fim de se evitar distorção da peça de aço, durante o banho de resfriamento, em alguns casos são usados suportes especiais e fixações para manter a peça com sua forma original.

Quando se deseja que somente uma parte da peça seja endurecida, partes dessa peça devem ser protegidas através da cobertura com cimento "alundum" (alumina fundida em forno elétrico) ou qualquer outro material isolante. O endurecimento seletivo também pode ser através de jatos de água, ou óleo, projetados para direcionar esses jatos de resfriamento diretamente para os pontos ou áreas a serem endurecidos. Também pode ser feito de outra forma (não pelo resfriamento de áreas específicas mas pelo aquecimento de áreas selecionadas), usando-se aquecimento por indução elétrica ou chama dirigida, muito usada em produção seriada em larga escala.

Alguns aços-carbono e algumas ligas de aço têm uma taxa de resfriamento tão crítica que têm de ser resfriados em água ou salmoura. Em geral, peças de seção muito complicadas não devem ser feitas com esses tipos de aço por causa da tendência que os aços têm em empenar ou trincar durante o endurecimento. Tais peças devem ser feitas de aços capazes de serem temperados em óleo ou ar.

Revenimento

O revenimento reduz a fragilidade conferida pela têmpera, da mesma forma que introduz características físicas definidas ao aço. O revenimento sempre segue (nunca precede) o processo de têmpera. Além de reduzir a fragilidade, o revenimento reduz a dureza do aço.

O revenimento é sempre conduzido a temperatura menores que aquela do ponto crítico do aço. Com respeito a isso, o revenimento difere da normalização, do recozimento e da têmpera, os quais requerem temperaturas acima do ponto crítico.

Quando o aço temperado é reaquecido, o revenimento começa a 212° F (\pm 100° C) e continua a medida que a temperatura é aumentada até o ponto crítico. Pela seleção de uma tempe-

ratura definida, a dureza e a resistência resultantes podem ser determinadas. Temperaturas aproximadas para várias resistências à tração estão listadas na Figura 6-65. O tempo mínimo na temperatura de revenimento deve ser de uma (1) hora.

Caso a peça tenha mais de uma polegada de espessura, o tempo deve ser aumentado em uma hora para cada polegada adicional de espessura.

Aços revenidos usados pela indústria aeronáutica devem ter de 125.000 a 200.000 libras por polegada quadrada de resistência final à tração.

Geralmente, a taxa de resfriamento do revenimento não tem efeito na estrutura final; entretanto, o aço é geralmente resfriado em ar calmo após ter sido removido do forno.

Recozimento

O recozimento do aço resulta num metal de grão fino, macio e dúctil, sem tensões internas ou deformações. No estado de recozimento, o aço tem a sua menor resistência. Em geral, o recozimento é o oposto da têmpera.

O recozimento do aço é levado a termo através do aquecimento do metal pouco acima do limite superior de temperatura do ponto crítico, permitindo-se, durante um determinado intervalo de tempo, que toda a massa metálica atinja essa temperatura, após o que, o material é resfriado muito lentamente (em geral, mantido e resfriado junto com o próprio resfriamento natural do forno).

A Figura 6-65 apresenta valores diversos de temperaturas para correspondentes ligas de aço.

O tempo de permanência, à temperatura acima do ponto crítico, é de aproximadamente uma hora por polegada de espessura do material. Para que seja conseguida a maior maciez do aço, o metal deve ser resfriado lentamente.

O resfriamento lento é obtido desligando-se o forno (se for elétrico) ou retirando-se a chama, aguardando-se o resfriamento natural do conjunto forno/metalo até 900° F (\pm 480° C) ou menos, após, deve-se retirar o metal do forno, aguardando o seu resfriamento ao ar. Outro método usado é de enterrar o aço aquecido em cinzas, areia ou, outra substância, má condutora de calor.

Normalização

A normalização remove as tensões internas causadas pelo tratamento térmico, soldagem, fundição, conformação mecânica ou usinagem em geral. Tensões, caso não sejam controladas, fatalmente resultarão em falha. Por causa da necessidade de se obterem as melhores propriedades físicas, os aços na indústria aeronáutica são, geralmente, usados no estado normalizado; raramente, entretanto, no estado recozido.

Um dos usos mais importantes do processo de normalização, em trabalhos aeronáuticos, diz respeito a peças e componentes soldados. A soldagem desenvolve tensões junto aos materiais adjacentes. Como se isso não bastasse, a soldagem, por si mesma, é uma estrutura de fundição ao passo que o material soldado é, via de regra, de estrutura de laminação. Esses dois tipos de estruturas têm diferentes tamanhos de grãos; assim, para refinar o grão e também aliviar as tensões internas, todas as partes soldadas devem ser normalizadas após terem sido fabricadas.

A normalização é realizada pelo aquecimento do aço acima da temperatura do ponto crítico superior, sendo, após, resfriado ao ar. Como o resfriamento em ar calmo é mais rápido que aquele em que o metal resfria junto com o forno, o metal resfriado ao ar é mais duro e resistente que o metal recozido. As temperaturas recomendadas para a normalização para os vários tipos de aços aeronáuticos são listados na Figura 6-65.

CEMENTAÇÃO

A cementação é um processo que cria uma camada dura, resistente ao desgaste, sobre uma superfície ou envolvendo um miolo forte, mas flexível. A cementação é ideal para componentes que requeiram uma superfície resistente ao desgaste e, ao mesmo tempo, devam ser bastante flexíveis internamente para resistir as cargas aplicadas.

Os aços mais convenientes para cementação são os de baixo teor de carbono e os de baixa liga. Se aços de alto carbono forem cementados, a camada endurecida pode ser tão espessa que atinja o miolo da peça tornando-a quebradiça.

Na cementação, a superfície do metal é alterada quimicamente pela introdução de elevada quantidade de carbono. Se, ao invés de carbono, introduzir-se nitrogênio, o processo chama-se nitretação. O miolo (abaixo da superfície alguns *angstroms*) não é afetado quimicamente, ou seja: a introdução de carbono ou nitrogênio não atinge o interior da peça. Quando tratada termicamente, a superfície responde ao endurecimento, enquanto o miolo se manterá flexível. As formas comuns de cementação são: a carbonetação (com carbono); a cianetação (com cianetos, compostos de carbono e nitrogênio); e a nitretação (com nitrogênio). Entretanto, em trabalhos aeronáuticos, a cianetação não é usada.

Carbonetação

A carbonetação comumente chamada cementação. É um processo em que o carbono é adicionado a uma superfície de aço de baixo teor de carbono.

Assim, após a introdução do carbono, a superfície da peça passa a ter aço de alto teor de

carbono, e seu miolo continua como antes, ou seja, com baixo teor de carbono. Quando essa peça passa por um tratamento térmico, como a têmpera, cada parte age como agiriam seus tipos de aço isoladamente. A parte externa (superfície), endurece ou pega têmpera; e a parte interna (miolo) não pega têmpera, permanecendo macia e flexível.

Um dos métodos comuns de carbonetação é chamado de "*pack carburizing*". Nesse método, a peça a ser tratada é confinada num recipiente cheio de carvão em pó ou outro material rico em carbono, que é selado com argila refratária, colocado em um forno aquecido aproximadamente a 1700° F (\pm 925° C), sendo mantido nessa temperatura por várias horas.

A medida que a temperatura do recipiente aumenta, forma-se monóxido de carbono no seu interior, que sendo incapaz de liberar-se, acaba por se combinar com o ferro gama (δ Fe), uma das estruturas cristalinas do ferro, que existe nessa faixa de temperatura, na superfície da peça de aço.

Aço Nº	Temperaturas			Banhos de resfriamento médio (n)	Temperatura de revenimento para resistência a tensão (p.s.i.)				
	Normaliza- ção	Recozimento	Têmpera		100,000	125,000	150,000	180,000	200,000
	°F	°F	°F		°F	°F	°F	°F	°F
1020	1,650-1,750	1,600-1,700	1,575-1,675	Water	—	—	—	—	—
1022(x1020)	1,650-1,750	1,600-1,700	1,575-1,675	Water	—	—	—	—	—
1025	1,600-1,700	1,575-1,650	1,575-1,675	Water (a)	—	—	—	—	—
1035	1,575-1,650	1,575-1,625	1,525-1,600	Water	875	—	—	—	—
1045	1,550-1,600	1,550-1,600	1,475-1,550	Oil or water	1,150	—	—	(n)	—
1095	1,475-1,550	1,450-1,500	1,425-1,500	Oil	(b)	—	1,100	850	750
2330	1,475-1,525	1,425-1,475	1,450-1,500	Oil or water	1,100	950	800	—	—
3135	1,600-1,650	1,500-1,550	1,475-1,525	Oil	1,250	1,050	900	750	650
3140	1,600-1,650	1,500-1,550	1,475-1,525	Oil	1,325	1,075	925	775	700
4037	1,600	1,525-1,575	1,525-1,575	Oil or water	1,225	1,100	975	—	—
4130(x4130)	1,600-1,700	1,525-1,575	1,575-1,625	Oil (c)	(d)	1,050	900	700	575
4140	1,600-1,650	1,525-1,575	1,525-1,575	Oil	1,350	1,100	1,025	825	675
4150	1,550-1,600	1,475-1,525	1,500-1,550	Oil	—	1,275	1,175	1,050	950
4340(x4340)	1,550-1,625	1,525-1,575	1,475-1,550	Oil	—	1,200	1,050	950	850
4640	1,675-1,700	1,525-1,575	1,500-1,550	Oil	—	1,200	1,050	750	625
6135	1,600-1,700	1,550-1,600	1,575-1,625	Oil	1,300	1,075	950	800	750
6150	1,600-1,650	1,525-1,575	1,550-1,625	Oil	(d)(e)	1,200	1,000	900	800
6195	1,600-1,650	1,525-1,575	1,500-1,550	Oil	(f)	—	—	—	—
NE8620	—	—	1,525-1,575	Oil	—	1,000	—	—	—
NE8630	1,650	1,525-1,575	1,525-1,575	Oil	—	1,125	975	775	675
NE8735	1,650	1,525-1,575	1,525-1,575	Oil	—	1,175	1,025	875	775
NE8740	1,625	1,500-1,550	1,500-1,550	Oil	—	1,200	1,075	925	850
30905	—	(g)(h)	(i)	—	—	—	—	—	—
51210	1,525-1,575	1,525-1,575	1,775-1,825	Oil	1,200	1,100	(k)	750	—
51335	—	1,525-1,575	1,775-1,850	Oil	—	—	—	—	—
52100	1,625-1,700	1,400-1,450	1,525-1,550	Oil	(f)	—	—	—	—
(16-2) (l)	—	—	1,700-1,725	Oil	(m)	—	—	—	—

- a) Retirar a 1150° F para resistência a tensão de 70.000 p.s.i.
- b) Para a têmpera de molas retirar de 800° a 900° F Dureza Rockwell C-40-45.
- c) Barras ou forjados podem ser banhados em água de 1.500° a 1.600° F.
- d) O resfriamento a ar da temperatura de normalização produzirá uma resistência a tensão de aproximadamente 90.000 p.s.i.
- e) Para a têmpera de molas retirar de 850° a 950° F Dureza Rockwell.
- f) Retirar de 350° a 450° F para remover deformações causadas pelo banho. Dureza Rockwell C-60-65.
- g) Recozimento de 1.600° a 1.700° F para remover estresses causados por soldas ou usinagem a frio. Só pode ser aplicado ao aço contendo titânio ou "columbium".
- h) Recozimento de 1.900° a 2.100° F, para produzir o máximo amolecimento e resistência a corrosão. Resfriar no ar ou banho em água.
- i) Endurecimento somente por usinagem a frio.
- j) O menor valor para chapas de 0,06" e mais finas. O valor médio para chapas e arames de 0,125". O maior valor para forjados.
- k) Não recomendado para resistência a tensão causadas por fracos impactos.
- l) AN-QQ-S-770 - é o recomendado para, antes da têmpera, o aço resistente a corrosão (16 Cr-2 Ni) seja banhado em óleo da temperatura de 1,875° a 1.900° F, em seguida, em período de resfriamento de ½ hora nessa temperatura. Para obter uma resistência a tensão de 115.000 p.s.i., a temperatura da têmpera deverá ser de aproximadamente 525° F. Manter nessa temperatura por 2 horas é o recomendado. Temperatura de têmpera entre 700° e 1.000° F não serão aprovadas.
- m) Retirar a aproximadamente 800° F e resfriar em ar frio para uma dureza Rockwell de C-50.
- n) A água usada para banhos não deverá exceder 65° F. O óleo usado para banhos deverá estar entre 80° e 150° F de temperatura.

Figura 6-65 Procedimentos no tratamento a quente dos aços.

A profundidade, até aonde o carbono penetra na peça, vai depender do tempo em que a peça é mantida no forno a essa temperatura

Para se ter uma idéia, quando a peça de aço é mantida nessas condições de aquecimento por oito horas, o carbono penetra a uma profundidade de 0,062 in (cerca de 1,6 milímetros)

Outro método de carbonetação chamado "*gás carburizing*", um material rico em carbono, é introduzido na atmosfera do forno.

A atmosfera carburizante é produzida pelo uso de gases diversos ou pela queima de óleo, madeira ou qualquer outro material rico em carbono.

Quando a peça de aço é aquecida nessa atmosfera, o monóxido de carbono se combina com o ferro gama produzindo o mesmo efeito, como descrito anteriormente, pelo método "*pack carburizing*".

Um terceiro método de carburização é chamado de "*liquid carburizing*".

Nesse método o aço é colocado em um banho de sal fundido que contém produtos químicos, que em última análise, resultam num efeito semelhante aos dois métodos anteriores.

Ligas de aço com baixo carbono assim como aços de baixo teor de carbono, podem ser cementadas por qualquer um dos três métodos. Entretanto, algumas ligas contendo níquel (por exemplo), tendem a retardar a absorção do carbono.

Como resultado, o tempo requerido para produzir uma profundidade de penetração varia com a composição da liga metálica.

Nitretação

Na nitretação, ao contrário dos outros processos de cementação, a peça é tratada termicamente antes da nitretação, para produzir o efeito final desejado, ou seja: a peça é endurecida (temperada) e revenida, antes de ser nitretada.

A maioria dos aços pode ser nitretado, mas, para melhores resultados, são exigidas ligas especiais. Essas ligas contêm alumínio como um dos elementos de liga, e são chamados "*nitralloys*".

Na nitretação, a peça é colocada em um forno especial e aquecida a uma temperatura de 1000° F (\pm 540° C). Estando a peça nessa temperatura, gás amoníaco é posto a circular dentro de uma câmara especialmente projetada construída dentro desse forno.

A alta temperatura divide o gás em moléculas de hidrogênio e nitrogênio. Parte do gás amoníaco que não se divide fica retido no filtro de água situado abaixo do forno.

O nitrogênio reage com o ferro para formar nitreto. O nitreto de ferro fica disperso em partículas minúsculas na superfície e vai penetrando na peça.

A profundidade da penetração depende do tempo do tratamento. Na nitretação, períodos de permanência de 3 dias são freqüentemente requeridos para produzir a espessura de cementação desejada.

A nitretação tem a vantagem de ser realizada com a mínima distorção, dada a baixa temperatura relativa em que as peças são cementadas, além do que nenhuma necessidade de imersão em líquido (para resfriamento) é exigida após a exposição ao gás amoníaco.

TRATAMENTO TÉRMICO DE METAIS NÃO FERROSOS

Ligas de alumínio

Há dois tipos de tratamentos térmicos aplicáveis às ligas de alumínio. Um é chamado de tratamento de solução a quente; e o outro, tratamento de precipitação a quente (envelhecimento artificial). Algumas ligas, como a 2017 e a 2024, desenvolvem suas propriedades plenamente como resultado do tratamento de solução a quente, seguido de quatro dias de envelhecimento à temperatura ambiente. Outras ligas, tais como 2014 e 7075, requerem todos os dois tipos de tratamento.

As ligas que requerem tratamento de precipitação à quente (envelhecimento artificial) para desenvolverem suas resistências máximas, também são capazes de envelhecerem a um valor limitado na temperatura ambiente; a taxa e a quantidade de enrijecimento depende da liga. Algumas alcançam seu envelhecimento natural, ou à temperatura ambiente, em poucos dias, e são designadas como condição "-T4" ou "-T3".

Outras continuam a envelhecer por um período consideravelmente longo. Por causa do seu envelhecimento natural, a designação "-W" é especificada somente quando o período de envelhecimento é indicado, como por exemplo: 7075 -W (1/2 horas). Então, há uma considerável diferença nas propriedades físicas e mecânicas de um material recentemente tratado (-W) e um material na condição "-T3" ou "-T4".

O endurecimento de uma liga de alumínio por tratamento térmico consiste de quatro passos distintos:

1. Aquecimento a uma temperatura pré determinada.

2. Manutenção da peça a essa temperatura por um específico intervalo de tempo.
3. Rápida imersão em banho refrigerante a uma temperatura relativamente baixa.
4. Envelhecimento ou endurecimento por precipitação, tanto espontaneamente à temperatura ambiente, quanto como resultado de tratamento à baixa temperatura.

Os três primeiros passos acima são conhecidos como tratamento de solução a quente, embora tenha se tornado prática comum o uso do termo simplificado tratamento térmico. Endurecimento à temperatura ambiente é conhecido como envelhecimento natural, enquanto o endurecimento ocorrido a temperaturas moderadas é chamado de envelhecimento artificial ou tratamento de precipitação a quente.

TRATAMENTO DE SOLUÇÃO À QUENTE

As temperaturas usadas para tratamento de solução à quente variam, conforme a liga empregada, de 825° F (440° C) até 980° F (525° C).

Como regra, elas devem ser controladas dentro de uma faixa bem estreita ($\pm 10^\circ$ F ou $\pm 5^\circ$ C) para que se obtenham as propriedades específicas.

Caso a temperatura seja muito pequena, a resistência máxima não será obtida. Quando uma temperatura excessiva é usada, há o perigo de que haja fusão dos constituintes da liga de baixo ponto de fusão (em algumas ligas), com a conseqüente diminuição de suas propriedades físicas. Mesmo que não ocorra a fusão, o emprego de temperaturas acima da recomendada, promove a descoloração e aumenta as tensões causadas pelo resfriamento.

Tempo de permanência na temperatura

O tempo que a peça permanece à temperatura do tratamento (SOAKING TIME) é medido a partir do momento em que a peça a ser aquecida atinge o limite inferior da faixa de temperatura do tratamento. O tempo de permanência na faixa de temperatura do tratamento depende da liga e da espessura da peça, variando de 10 minutos para chapas finas, até aproximadamente 12 horas para forjamentos pesados. Para peças de porte, um valor aproximado de

1 hora por polegada de espessura, pode ser considerado uma boa aproximação (ver Figura 6-66).

O tempo que a peça vai permanecer na temperatura do tratamento é escolhido, de tal forma, que seja o mínimo necessário para desenvolver as propriedades físicas requeridas. Um tempo menor que o necessário não permite que o metal desenvolva as propriedades físicas esperadas. Já um tempo elevado agrava os problemas inerentes ao aumento da oxidação causada pelo calor. Com o material protegido pelo cladeamento, o aquecimento prolongado resulta numa excessiva difusão do cobre, ou outros constituintes solúveis na liga, através da camada protetora de alumínio puro do cladeamento, o que pode afetar os propósitos do cladeamento.

Resfriamento

Após estarem os elementos solúveis sólidos, o material é resfriado para prevenir ou retardar a precipitação imediata.

Espessura (polegadas)	Tempo (minutos)
Até .032	30
.032 a 1/8	30
1/8 a 1/4	40
Acima de 1/4	60

NOTA: O tempo de permanência no banho começa quando o metal (ou o banho) atinge a temperatura dentro dos limites especificados acima.

Figura 6-66 Tempo de permanência na temperatura para tratamento a quente.

Resfriamento em água quente

Grandes peças forjadas, de seções espessas, podem ser resfriadas em água quente ou fervente. Esse tipo de resfriamento minimiza a distorção e evita trincas, as quais podem ser produzidas pela diferença das temperaturas obtidas durante o resfriamento. O uso de resfriamento em água quente é permitido para essas partes, porque a temperatura da água do banho não afeta criticamente a resistência à corrosão das ligas forjadas. Em adição, a resistência à corrosão das seções espessas não é um fator crítico, como para as seções frias.

Resfriamento por pulverização

Pulverização com água a alta velocidade é útil para peças formadas por uma espessa seção de

Três métodos distintos de resfriamento são empregados. Aquele que vai ser usado depende da peça, da liga e das propriedades desejadas.

Resfriamento em água fria

Peças produzidas a partir de chapas, extrusão, tubos, forjados pequenos, ou material similar são resfriados em banho de água fria. A temperatura da água, antes do resfriamento, não deve exceder 85° F ($\pm 30^\circ$ C). A massa de água deve ser tal que a temperatura, após a imersão da peça aquecida, não suba mais que 20° F ($\pm 10^\circ$ C).

Esse resfriamento rápido garante uma maior resistência a corrosão em função da rapidez da exposição. Esse fato é particularmente importante quando se trata de ligas como a 2017, 2024 ou 7075. Essa é a razão principal da preferência pelo método, muita embora o resfriamento lento também produza as propriedades mecânicas requeridas.

quase qualquer tipo de liga, revestidas por alumínio puro (cladeamento). Esse tipo de resfriamento também minimiza a distorção e evita a formação de trincas. Todavia, muitas especificações proíbem o uso do resfriamento por pulverização para chapas desprotegidas de ligas 2017 e 2024 por causa do seu efeito nefasto na resistência à corrosão.

Intervalo entre a retirada do forno e o resfriamento

O intervalo entre a retirada do forno e o resfriamento, é crítico para o material (especialmente para determinar ligas), e deve ser sempre o menor possível.

Quando efetuando tratamento por solução a quente em chapas de liga 2017 e 2024, esse intervalo não deve exceder 10 segundos.

Tratando-se de seções com espessuras maiores, esse tempo pode ser ligeiramente maior.

Permitir que o metal resfrie, mesmo que ligeiramente, antes do resfriamento propriamente dito, permite que haja precipitação da solução sólida. A precipitação ocorre em torno da vizinhança do grão e em certos planos ou direções preferenciais, causando uma formação defeituosa. No caso das ligas 2017, 2024 e 7075, a resistência à corrosão intergranular é afetada adversamente.

Tratamento de reaquecimento

O tratamento térmico de um material que já tenha sido previamente aquecido é considerado um tratamento de reaquecimento. As peças feitas com ligas não cladeadas podem ser tratadas por solução a quente repetidamente sem efeitos danosos.

Já o número de tratamentos por solução a quente, permitidos a uma chapa cladeada, é limitado devido ao incremento da difusão dos componentes da liga, através do cladeamento em cada reaquecimento. Existem, entretanto, algumas especificações, permitindo de um a três reaquecimentos do material cladeado, dependendo da espessura do cladeamento.

Alinhamento após tratamento por solução a quente

Algumas distorções e empenamentos ocorrem durante o tratamento por solução a quente, produzindo ondulações ou torções nas peças tratadas. Essas imperfeições são geralmente removidas pelo alinhamento ou desempenamento.

Onde as operações de alinhamento produzem um apreciável aumento na tensão e diminuição da resistência, além de uma pequena diminuição no alongamento, o material passa a ter a designação de condição "- T3". Quando os parâmetros acima, não são materialmente ou praticamente afetados, o material é classificado na condição "- T4".

TRATAMENTO POR PRECIPITAÇÃO A QUENTE

Como já observado, as ligas de alumínio estão num estado de relativa maciez, imediatamente, após o resfriamento de uma temperatura

de tratamento de solução a quente. Para obter a máxima resistência dessas ligas, elas devem ser naturalmente envelhecidas ou endurecidas por precipitação. Durante as operações, de endurecimento e enrijecimento, acontece a precipitação dos constituintes de uma solução supersaturada. A medida que a precipitação prossegue, a resistência do material aumenta, freqüentemente através de uma série de picos, até que o valor máximo é atingido.

Envelhecimento posterior (sobre envelhecimento) faz com que a resistência decline uniformemente até que alguma condição estável qualquer seja atingida.

As partículas submicroscópicas que foram precipitadas provêm as aberturas ou bloqueios dentro da estrutura do grão e entre os grãos - para resistir ao deslizamento interno, quando uma carga de qualquer tipo for aplicada. Dessa forma, a resistência e a dureza de uma liga são incrementadas.

O endurecimento por precipitação produz um grande aumento na resistência e na dureza do material, com a correspondente diminuição nas propriedades ligadas à ductilidade.

O processo usado para obtenção do desejado aumento na resistência, é conhecido como envelhecimento ou endurecimento por precipitação. O enrijecimento das ligas termicamente tratáveis por envelhecimento, não é meramente devido à presença de um precipitado. A resistência é devida a ambos - a distribuição uniforme do precipitado submicroscópico, finamente disperso, e o seu efeito sobre a estrutura cristalina da liga.

As práticas de envelhecimento usadas, dependem também de muitas outras propriedades, além da resistência

Como uma regra geral, as ligas artificialmente envelhecidas, são ligeiramente sobre-envelhecidas para aumentar a resistência à corrosão dessas ligas. Isto é mais verdade quando se trata de envelhecimento artificial de ligas de alto teor de cobre que são susceptíveis à corrosão intergranular, quando envelhecidas inadequadamente.

Ligas de alumínio termicamente tratáveis são divididas em duas classes: as que obtêm resistências máximas à temperatura ambiente, e as que requerem envelhecimento artificial. As ligas que obtêm sua resistência máxima após 4 ou 5 dias à temperatura ambiente são conhecidas como ligas de envelhecimento natural. A

precipitação a partir de solução sólida supersaturada começa cedo, logo após o resfriamento, com 90% da resistência máxima geralmente sendo obtida em 24 horas. Ligas 2017 e 2024 são de envelhecimento natural.

As ligas que requerem tratamento de precipitação a quente para desenvolver a máxima resistência são ligas envelhecidas artificialmente. Entretanto, essas ligas também envelhecem um pouco menos à temperatura ambiente, sendo a razão ou taxa de enrijecimento e sua extensão dependente da liga. Muitas das ligas envelhecidas artificialmente atingem a resistências por envelhecimento máximo natural, ou à temperatura ambiente após uns poucos dias. Estas

podem ser guardadas, para serem posteriormente utilizadas, nas condições "-T4" e "- T3".

Ligas com alto teor de zinco, como a 7075, continuam a envelhecer apreciavelmente, mesmo após um longo período de tempo, sendo suas propriedades mecânicas afetadas até reduzirem suas capacidades de serem conformadas.

A vantagem da condição "-W" é que sua conformabilidade não é afetada, como seria com ligas de envelhecimento natural, desde que sua conformação (ou utilização), seja efetuada logo após o tratamento de solução a quente ou seja mantida em refrigeração.

A refrigeração retarda a velocidade natural de envelhecimento.

Liga	Solução para tratamento a quente			Precipitação para tratamento a quente		
	Temp., °F	Banho	Designação da tempera	Temp., °F	Tempo de atuação	Designação da tempera
2017	930-950	Água fria	T4			T
2117	930-950	Água fria	T4			T
2024	910-930	Água fria	T4			T
6053	960-980	Água	T4	445-455 ou 345-355	1-2 h. 8 h.	T5 T6
6061	960-980	Água	T4	315-325 ou 345-355	18 h. 8 h.	T6 T6
7075	870	Água		250	24 h.	T6

Figura 6-67 Condições para tratamento a quente das ligas de alumínio.

A 32° F (0° C), o início do processo de envelhecimento é atrasado por algumas horas, enquanto o gelo seco (de - 50° F ou - 45° C até - 100° F ou - 70° C) retarda o envelhecimento por um período de tempo bem mais extenso.

Práticas

As temperaturas usadas para endurecimento por precipitação dependem das ligas e das propriedades desejadas, variando de 250° F (120° C) até 375° (190° C). Essas temperaturas devem ser controladas dentro de uma faixa bem estreita (5° F ou 2,5° C) para que sejam obtidos os melhores resultados (ver Figura 6-67).

O tempo de permanência à temperatura considerada (SOAKING TIME), depende da temperatura usada, das propriedades desejadas e da composição da liga. Vai de 8 a 96 horas.

Aumentando-se a temperatura do envelhecimento, diminui-se o tempo de permanência a essa temperatura, necessária para o envelhecimento apropriado. Entretanto, um controle acurado, tanto do tempo quanto da temperatura, faz-se necessário, especialmente quando se trabalha na faixa de altas temperaturas.

Após receber o tratamento térmico de precipitação, o material deve ser resfriado à temperatura ambiente. O resfriamento à água, embora não necessário, não produz nenhum efeito danoso. Resfriamento dentro do forno tem tendência a produzir sobre envelhecimento.

RECOZIMENTO DAS LIGAS DE ALUMÍNIO

O procedimento para recozimento das ligas de alumínio consiste no aquecimento des-

sas ligas a uma temperatura elevada, mantendo-a nessa temperatura num determinado intervalo (dependendo da massa do material), resfriando em ar calmo. O recozimento deixa o metal na melhor condição possível para conformação a frio (trabalho a frio). Entretanto, quando operações prolongadas de conformação a frio são realizadas, o metal passa a adquirir endurecimento por conformação a frio (endurecimento por trabalho a frio) e a opor resistência a novos trabalhos de conformação a frio. Assim, passa a ser fundamental o recozimento das peças nos intervalos entre um e outro processo de conformação a frio, a fim de se evitar a formação de trincas. Ligas de alumínio recozidas, por serem muito macias e facilmente deformáveis, não devem ser usadas para a fabricação de peças e fixações.

Peças cladeadas devem ser aquecidas tão rápida e cuidadosamente quanto possível, posto que o prolongado e desnecessário (além da conta) aquecimento tende a fazer com que os elementos da liga se difundam através do alumínio puro do cladeamento.

TRATAMENTO TÉRMICO DOS REBITES DE LIGA DE ALUMÍNIO

Os rebites de liga de alumínio são fornecidos com as seguintes ligas: 1100, 5056, 2117, 2017 e 2024.

Os rebites de liga 1100 são usados do jeito que saem das suas embalagens, para rebiteagem de chapas de alumínio onde rebites de baixa resistência são suficientes. Os rebites de liga 5056 são usados da mesma forma, só que para chapas de liga de alumínio com magnésio.

Os rebites de liga 2117 têm resistência moderadamente alta, sendo utilizados para rebiteagem de chapas em geral. Esses rebites recebem um único tratamento térmico, feito pelo fabricante. Como os rebites de liga 2117 mantêm suas características indefinidamente, após submetem-se ao tratamento térmico, podem ser utilizados a qualquer momento. Os rebites dessa liga são os mais empregados na construção aeronáutica.

Os rebites de ligas 2017 e 2024 têm elevada resistência, sendo principalmente utilizados em estruturas de liga de alumínio. São obtidos do fabricante na condição de termicamente tratados. Entretanto, se as condições vigentes no ambiente onde os rebites ficarem estocados fo-

rem tais (em termos de temperatura) que promovam o seu envelhecimento, o que é possível para essas ligas, então os rebites devem ser novamente tratados termicamente antes do seu uso. A liga 2017 torna-se dura para rebiteagem após 1 hora, ao passo que a liga 2024 sofre o mesmo endurecimento após 10 minutos do resfriamento. Ambas as ligas citadas, devem ser tratadas termicamente, tantas vezes quantas necessárias. Para minimizar a corrosão intergranular, os rebites devem ser anodizados antes do tratamento térmico. Caso os rebites sejam mantidos a baixa temperatura (32° F ou 0° C), tão logo sejam resfriados, eles permanecerão macios por bastante tempo.

Rebites que exijam tratamento térmico são aquecidos; ou, em recipientes cilíndricos imersos em banho de sal; ou, em pequenas cestas colocadas em fornos a ar. O tratamento para a liga 2017 consiste em sujeitar o material feito dessa liga, no caso os rebites, a uma temperatura entre 930° F e 950° F (500° C e 510° C) durante 30 minutos e, imediatamente, resfriar esse material em água fria. Esses rebites alcançarão suas resistências máximas em 9 dias após instalados. Rebites de liga 2024 devem ser aquecidos a uma temperatura entre 910° F e 930° F (490° C e 500° C) e, imediatamente, resfriados em água fria. Esses rebites desenvolvem uma resistência ao cisalhamento maior que a dos rebites de liga 2017 e, são usados em posições onde uma resistência adicional é requerida. Rebites de liga 2024 desenvolvem suas resistências máximas ao cisalhamento 1 dia após terem sido instalados.

Os rebites de liga 2017 devem ser instalados dentro de aproximadamente 1 hora; e os rebites de liga 2024, dentro de 10 ou 20 minutos, após o tratamento térmico ou retirada do refrigerador. Caso não sejam usados nesses intervalos, os rebites devem ser novamente tratados termicamente antes de serem refrigerados.

TRATAMENTO TÉRMICO DAS LIGAS DE MAGNÉSIO

Fundidos em ligas de magnésio, adequam-se facilmente ao tratamento térmico, sendo que na construção aeronáutica, o magnésio é usado principalmente como fundido (cerca de 95% das peças feitas desse metal).

O tratamento térmico dos fundidos em ligas de magnésio é similar ao tratamento térmico

co das ligas de alumínio, pelo fato de existirem dois tipos de tratamento térmico:

1. Tratamento de solução a quente.
2. Tratamento de precipitação a quente (envelhecimento).

O magnésio, entretanto, desenvolve mudanças quase imperceptíveis em suas propriedades, quando se permite o seu envelhecimento natural à temperatura ambiente.

Tratamento de solução a quente

Fundidos de liga de magnésio são tratados por solução a quente para melhorar a resistência à tração, ductilidade e resistência ao impacto. Essa condição de tratamento térmico é indicada pelo uso do símbolo "-T4" seguido da designação da liga. Tratamento de solução a quente seguido do envelhecimento artificial é designado por "-T6". O envelhecimento artificial é necessário para desenvolver todas as propriedades do metal.

As temperaturas usadas no tratamento de solução a quente para fundidos de liga de magnésio variam de 730° F (390° C) a 780° F (420° C), dependendo da liga.

A especificação MIL-H-6857 lista a temperatura para cada liga. O limite superior de cada faixa de temperatura, é a temperatura máxima, até que a liga possa ser aquecida sem correr o risco de que o metal se funda ou derreta.

O tempo de permanência nessa temperatura varia de 10 a 18 horas, sendo que o valor mais correto de permanência depende da liga e da espessura da peça. Peças com mais de 2 polegadas de espessura podem exigir tempos maiores. Ligas de magnésio não podem nunca ser aquecidas em banho de sal, posto que há o perigo de explosão, dada a reatividade do magnésio.

Um sério perigo potencial de fogo existe no tratamento térmico das ligas de magnésio. Caso haja alguma falha e a temperatura seja excedida, a peça fundida pode auto-incendiar-se. Por essa razão, o forno usado deve ser equipado com uma chave de corte que desligue o aquecimento e inicie o seu resfriamento, caso haja falha no funcionamento do equipamento regular de controle.

Algumas ligas de magnésio requerem uma atmosfera protetora, de dióxido de enxofre, durante o tratamento de solução à quente. Isso

ajuda a evitar um início de incêndio, caso a temperatura exceda um pouco o limite.

Resfriamento ao ar é usado após o tratamento de solução a quente das ligas de magnésio, desde que não haja vantagem no resfriamento por líquido.

Tratamento de precipitação a quente

Após o tratamento de solução a quente, as ligas de magnésio podem ser submetidas a um tratamento de envelhecimento, para aumentar o endurecimento e incrementar a resistência. Geralmente, tratamentos de envelhecimento são usados meramente para aliviar tensões e estabilizar as ligas, a fim de prevenir posteriores variações dimensionais, especialmente durante ou após a usinagem. Ambos, o incremento da resistência e da dureza, são conseguidos em parte por esse tratamento, mas com uma ligeira perda na ductilidade. A resistência à corrosão é também melhorada, aproximando nesse sentido as características de uma liga fundida.

As temperaturas para o tratamento de precipitação a quente são consideravelmente menores que as temperaturas para o tratamento de solução a quente, e variam de 325° F (165° C) a 500° F (260° C). O tempo em que as peças devem permanecer nessas temperaturas varia de 4 a 18 horas.

TRATAMENTO TÉRMICO DO TITÂNIO

O titânio é tratado termicamente com os seguintes objetivos:

1. Alívio das tensões adquiridas durante a conformação a frio ou usinagem.
2. Recozimento após trabalho a quente ou a frio (conformação) ou para consignar a máxima ductilidade para um posterior trabalho a frio.
3. Endurecimento térmico para aumentar a resistência.

Alívio das tensões

O alívio das tensões é geralmente usado para remover a concentração de tensões, resultantes da conformação das chapas de titânio. É realizado em faixas de temperatura de 650° F (340° C) a 1000° F (540° C).

O tempo de permanência nessas temperaturas varia de uns poucos minutos para chapas muito finas, até uma hora ou mais para seções espessas.

Um tratamento comum de alívio das tensões é feita a 900° F (480° C), por 30 minutos, seguido de resfriamento em ar ambiente.

A descoloração (manchas) ou casca (carepa) que se forma na superfície do metal, durante o alívio das tensões, é facilmente removido por imersão em solução ácida. Essa solução contém 10% a 20% de ácido nítrico e 1% a 3% de ácido fluorídrico.

A solução deve estar à temperatura ambiente ou ligeiramente acima dessa temperatura.

Recozimento pleno

O recozimento do titânio ou das ligas de titânio provê maleabilidade e ductilidade à temperatura ambiente; estabilidade dimensional e estrutural à temperaturas elevadas; e facilita a usinagem.

O recozimento pleno é, geralmente, efetuado como preparação de uma operação posterior. É realizado entre 1200° F (650° C) e 1650° F (900° C).

O tempo em que a peça permanece nessa temperatura varia de 16 minutos a várias horas, dependendo da espessura do material e da quantidade de trabalho a frio realizado.

Um tratamento típico usado para ligas de titânio é realizado a 1300° F (700° C), por uma hora, seguida por resfriamento ao ar ambiente.

O recozimento pleno, geralmente resulta numa grande formação de casca (carepa), que requeira a sua decapagem cáustica, como um banho de hidróxido de sódio (soda cáustica).

Endurecimento térmico

Titânio puro não pode ser termicamente tratado, mas suas ligas comumente usadas na indústria aeronáutica podem ser endurecidas por tratamento térmico, geralmente com comprometimento da ductilidade.

Para melhores resultados, o resfriamento em banho de água, após aquecimento a 1450° F (790° C), seguido de reaquecimento a 900° F (480° C), por oito horas, é recomendado.

Cementação

A atividade química do titânio e sua rápida absorção de oxigênio, nitrogênio e carbono a temperaturas relativamente baixas, fazem da cementação um tratamento vantajoso. A nitratação, a carbonetação (a cementação como é comumente conhecida) e a carbonitração podem ser usadas para produzir camadas resistentes ao desgaste superficial, de 0,0001 a 0,0002 polegada de profundidade.

TESTES DE DUREZA

Os testes de dureza são um método para determinação dos resultados de um tratamento térmico, assim como da condição de dureza do metal, antes do tratamento térmico. Uma vez que os valores de dureza possam ser correlacionados aos valores de resistência à tração e, parcialmente, com os de resistência ao desgaste, os testes de dureza são um controle útil para tratamento térmico e propriedades dos materiais.

Praticamente todos os equipamentos atuais para teste de dureza usam a resistência à penetração como medida de dureza.

Incluem-se entre os mais conhecidos testes de dureza o *BRINELL* e o *ROCKWELL*, ambos descritos adiante. Da mesma forma há uma referência ao testador portátil de dureza.

Medidor *BRINELL* de dureza

O medidor *BRINELL* de dureza (Figura 6-68) usa uma esfera de aço muito duro, que é pressionada contra a superfície do metal. Essa esfera tem 10 milímetros de diâmetro. Uma pressão de 3000 Kg é aplicada por 10 segundos se o metal for ferroso; uma pressão de 500 Kg é aplicada por 30 segundos se o metal não for ferroso.

Essa carga é transferida por pressão hidráulica e indicada por um manômetro. Passado o tempo de aplicação da carga, o sistema é aliviado e a marca circular tem seu diâmetro impresso, medido em milímetros, através de um microscópio.

A fim de se determinar o índice de dureza *BRINELL*, há uma tabela que faz referência do diâmetro da marca impressa com a respectiva dureza.

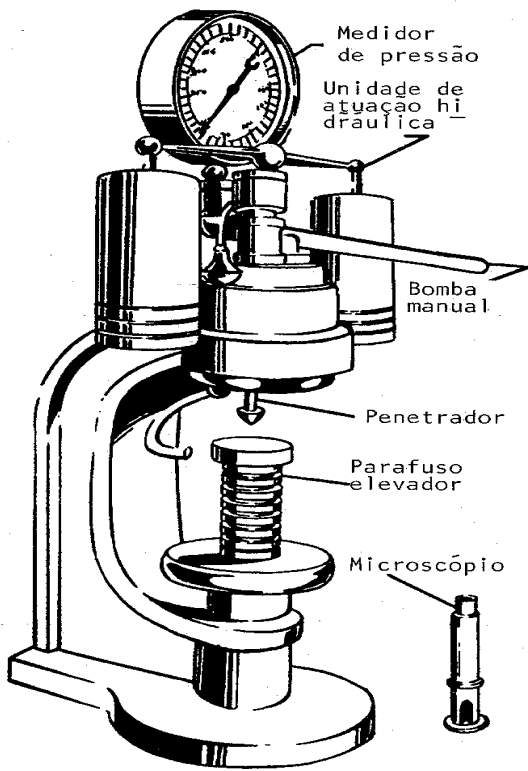


Figura 6-68 Medidor *Brinell* de dureza.

Medidor **ROCKWELL** de dureza

O medidor *ROCKWELL* de dureza (Figura 6-69) mede a resistência à penetração, do mesmo modo que o medidor *BRINELL*. Porém, ao contrário de medir o diâmetro da marca da impressão, o medidor *ROCKWELL* de dureza mede a profundidade da penetração, sendo que a dureza é indicada diretamente na máquina (mostrador). Os dígitos do círculo externo do mostrador são pretos; os dígitos do círculo interno são vermelhos.

Os índices *ROCKWELL* de dureza são baseados na diferença de profundidade da penetração, consideradas uma carga grande e outra menor. Quanto maior for essa diferença, menor o índice de dureza e, conseqüentemente, mais macio é o material.

Dois tipos de penetradores são usados pelo medidor *ROCKWELL* de dureza: um cone de diamante e uma esfera de aço endurecido. A carga que força o penetrador contra o metal é chamada de carga maior, e, é medida em quilogramas.

Os resultados obtidos por cada penetrador e a combinação de cargas são registrados em escalas separadas, designadas por letras. O penetrador, a carga maior e a escala variam com o tipo de metal a ser testado.

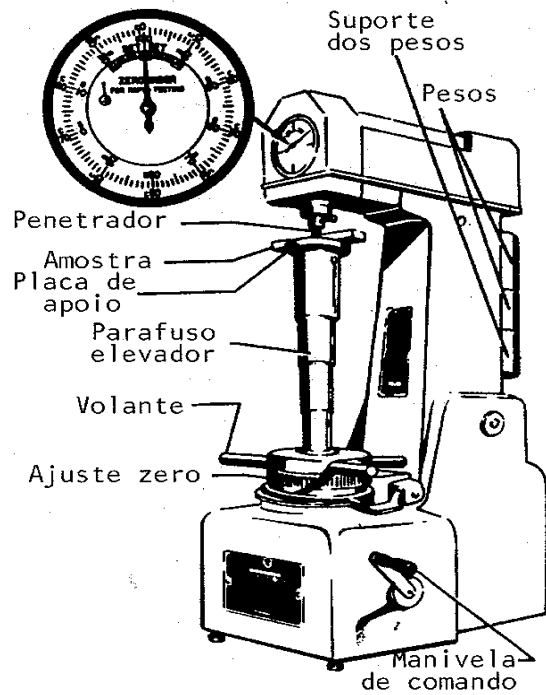


Figura 6-69 Medidor *Rockwell* de dureza.

Para aços endurecidos (temperados), é usado o penetrador de diamante, a carga maior é de 150 quilogramas e a dureza é lida na escala "C" do mostrador. Nesse caso, quando a leitura é feita, deve ser referida a escala *ROCKWELL* "C", usada para testes com metais de dureza C-20 ao aço mais duro (geralmente em torno de C-70). Caso o metal seja mais macio que C-20, é usada a escala *ROCKWELL* "B". Então o penetrador passa a ser uma esfera de aço de 1/16 da polegada e a carga maior, 100 quilogramas.

Além das escalas *ROCKWELL* "B" e "C", são usadas outras para testes especiais. As escalas, penetradores, cargas maiores e valores das escalas correspondentes, estão listados na Figura 6-70.

Símbolo da escala	Penetrador	Carga maior (Kg)	Número do dial
A	Diamante	60	Preto
B	Bola de 1/16"	100	Vermelho
C	Diamante	150	Preto
D	Diamante	100	Preto
E	Bola de 1/8"	100	Vermelho
F	Bola de 1/16"	60	Vermelho
G	Bola de 1/16"	150	Vermelho
H	Bola de 1/8"	60	Vermelho
K	Bola de 1/8"	150	Vermelho

Figura 6-70 Escala padrão *Rockwell* de dureza.

O medidor *ROCKWELL* de dureza é equipado com um suporte para as cargas (pesos). Dois pesos são fornecidos com o equipamento; sendo um marcado de vermelho e outro, de preto. Sem peso no suporte, há uma aplicação de carga da ordem de 60 quilogramas. Caso a escala selecionada exija uma carga de 100 quilogramas, o peso vermelho é colocado no suporte. Para uma carga de 150 quilogramas, o peso preto é adicionado ao suporte junto com o peso vermelho. O peso preto é sempre usado junto ao peso vermelho; nunca é usado sozinho.

Praticamente todos os testes são realizados nas escalas *ROCKWELL* "B" e "C". Para essas escalas, as cores podem ser usadas como uma referência para a seleção do peso (ou pesos) e para a leitura do mostrador.

A escala *ROCKWELL* "B" usa o peso vermelho e confirma os resultados com os dígitos vermelhos do mostrador. A escala *ROCKWELL* "C" usa os pesos vermelho e preto e confirma os resultados com os dígitos pretos do mostrador.

Na utilização do equipamento, usa-se primeiro o penetrador de diamante, para testarmos um material tido como duro em primeira aproximação.

Sendo a dureza desconhecida, tenta-se primeiro o penetrador de diamante, porque caso fosse usada inicialmente a esfera de aço e, sendo o material muito duro, a esfera poderia ser danificada. Confirmado que a dureza é menor que *ROCKWELL* "C-22", passa-se então à esfera e a à escala *ROCKWELL* "B".

Antes da carga maior ser aplicada, o objeto deve ser firmemente preso aonde vai ser testado, para prevenir que escorregue durante a aplicação da carga. Com esse propósito, uma carga de 10 quilogramas é aplicada preliminarmente e, é chamada de carga menor. Esse valor (10kg) independe da escala selecionada.

O material metálico a ser testado deve estar apoiado suavemente no suporte de teste do equipamento, e deve estar livre de arranhaduras e materiais estranhos.

Suas superfícies deve ficar perpendicular ao eixo do penetrador e suas duas faces (opostas) devem ser paralelas. Caso as superfícies não sejam paralelas, o erro obtido na medição, será a função dessa ausência de paralelismo.

Uma superfície curva poderá ser responsável por uma leitura ligeiramente errada, dependendo da curvatura. Esse erro poderá ser

eliminado, aparelhando-se uma pequena área desse corpo, sobre o qual será efetuado o teste.

Ligas de alumínio cladeadas na forma de chapas não podem ser testadas diretamente com o medidor *ROCKWELL* de dureza, a menos que se remova a camada de proteção e se faça o teste com o miolo.

Medidor *BARCOL* de dureza

O medidor *BARCOL* de dureza (Figura 6-71) é uma unidade portátil projetada para efetuar testes em ligas de alumínio, cobre, latão e outros materiais, relativamente macios. Não deve ser usado em aços aeronáuticos.

A faixa de utilização desse equipamento varia de 25 a 100 *Brinell*. Essa unidade pode ser usada em qualquer posição e em espaços exíguos, onde caiba a mão do operador. É de grande utilidade para a realização de teste de dureza para peças ou componentes já instalados, especialmente para confirmar a qualidade do tratamento térmico.

A dureza é indicada num mostrador dividido em 100 graduações.

O projeto do medidor *BARCOL* de dureza, foi feito de tal forma, que não exige habilidade do operador. Basta exercer uma ligeira pressão contra o material a ser testado para que uma mola com carga preestabelecida force um penetrador contra esse material.

A sua dureza é lida, no mesmo momento, no mostrador.

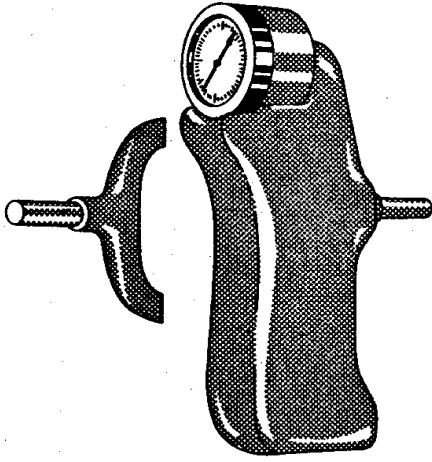
Leituras típicas de ligas de alumínio usuais, testadas por esse método, são listadas na tabela 6-72.

Observe que os valores da escala *BARCOL* de dureza são maiores quanto maior for a dureza do material.

Para prevenir danos à ponta do penetrador, deve-se evitar que a mesma arraste-se ou resvale sobre a superfície, quando da realização do teste.

Caso a ponta fique danificada, deve ser prontamente substituída por uma nova. Não deve ser feita nenhuma tentativa de amolá-la em esmeril. Cada medidor *BARCOL* de dureza vem equipado com um disco para teste das condições da ponta do penetrador.

Para que se efetue o teste, basta pressionar o instrumento contra o disco de teste, confirmando-se a leitura do mostrador com o valor especificado nesse disco.



Liga e Têmpera	Número Barcol
1100-O	35
3003-O	42
3003-H14	56
2024-O	60
5052-O	62
5052-H34	75
6061-T	78
2024-T	85

Figura 6-71 Medidor *Barcoll* de dureza (portátil).

Figura 6-72 Leituras típicas *Barcol* para ligas de alumínio