



Metais das Aeronaves

O conhecimento e entendimento dos usos, forças, limitações e outras características dos metais estruturais é vital para a construção e manutenção adequada de qualquer equipamento, especialmente fuselagens. Na manutenção e reparo de aeronaves mesmo um pequeno desvio das especificações de projeto, ou a substituição por materiais inferiores, pode resultar em perda de equipamento e vidas. O uso de materiais inapropriados pode acabar, facilmente, com o melhor trabalho. A seleção do material correto para um reparo específico demanda familiaridade com as propriedades físicas mais comuns dos diversos metais.

Propriedades dos Metais

A primeira preocupação na manutenção de aeronaves é sobre as propriedades gerais dos metais e suas ligas, como dureza, maleabilidade, ductilidade, elasticidade, densidade, fragilidade, fusibilidade, condutividade, contração e expansão, e assim por diante. Estes termos são explicados a seguir para que se estabeleçam as bases para mais discussões sobre os metais estruturais.

Dureza

A dureza se refere a habilidade do material de resistir a abrasão, penetração, ação de corte ou distorção permanente. A dureza pode ser aumentada trabalhando-se o metal a frio, e no caso de aço e determinadas ligas de alumínio pelo tratamento térmico. As partes estruturais são frequentemente formadas por metais em seu estado macio e então eles recebem tratamento térmico para endurecer, para que seu formato final, acabado, permaneça. Dureza e força estão intimamente associadas as propriedades dos metais.

Força

Uma das propriedades mais importantes dos metais é a força. Força é a habilidade do material de resistir a deformação, assim como resistir a pressão sem quebrar. O tipo de carga no material afeta a força que demonstra.

Densidade

Densidade é o peso de uma unidade de volume de um material. No trabalho em aeronaves o peso especificado de um material por polegada cúbica, uma vez que este número pode ser usado para determinar o peso de uma peça antes da sua fabricação. A densidade é uma consideração importante quando se escolher um material para ser usado no projeto de uma peça, para que se mantenha o peso e o equilíbrio de uma aeronave.

Maleabilidade

Um metal que possa ser martelado, laminado ou prensado de várias formas sem que se trinque, quebre ou sofra qualquer outro de efeito semelhante é chamado de maleável. Esta propriedade é necessária para as lâminas de metal que são trabalhadas em curvas, tais como carenagens do motor, FAIRINGS ou pontas das asas. O cobre é um exemplo de metal maleável.

Ductilidade

Ductilidade é a propriedade do metal que permite que seja esticado, flexionado ou torcido, de várias formas, sem quebrar. Esta propriedade é essencial para os metais usados para se confeccionar fios e tubos. Metais dúcteis são os favoritos para o uso em aeronaves porque são fáceis de conformação e resistência a falhas sob cargas de choque. Por esta razão as ligas de alumínio são utilizadas para COWL RINGS, fuselagens e revestimentos da asa, e componentes conformados ou extrudados, tais como RIBS (nervuras), longarinas e BULKHEADS (anteparos). O aço cromo molibdênio também é facilmente conformado nos formatos desejados, A ductilidade é similar a maleabilidade.

Elasticidade

A elasticidade é a habilidade que habilita o metal a retornar ao seu tamanho e formato originais quando as causas para mudar de formato são removidas. Esta propriedade é extremamente valiosa porque não é nada desejável que uma peça ou componente fiquem permanentemente distorcida após que a carga seja re-

movida. Cada metal tem um ponto conhecido como limite elástico, além do qual não pode receber carga sem sofrer distorção permanente. Em uma construção de aeronave peças e componentes são projetados para que as cargas máximas as quais estão sujeitos não sejam maiores que o seu limite elástico. Esta propriedade desejável está presente na mola de aço.

Resistência

Um material que possui resistência suportará ruptura e cisalhamento, também podendo ser esticado ou deformado sem se romper. A resistência é uma propriedade desejável em metais para aeronaves.

Fragilidade

A fragilidade é a propriedade dos metais que permite pouca curvatura ou deformação sem quebrar. Um metal frágil é capaz de quebrar ou rachar sem mudança de forma. Em virtude dos metais estruturais serem frequentemente sujeitos a cargas de choque a fragilidade não é uma propriedade desejada. Ferro fundido, alumínio fundido e aço muito duro são exemplos de metais frágeis.

Fusibilidade

A fusibilidade é a propriedade do metal tornar-se líquido pela aplicação de calor. Metais são fundidos na soldagem. O aço se funde por volta dos 2.600° F e as ligas de alumínio por volta dos 1.100° F.

Condutividade

A condutividade é a propriedade que possibilita que o metal conduza calor e eletricidade. A condutividade de calor de um metal é especialmente importante na soldagem, porque determina a quantidade de calor necessária para a fusão adequada. A condutividade do metal, até certo ponto, determina o tipo de gabarito que será usado para controlar a sua expansão ou contração. Em aeronaves, a condutividade elétrica também deve ser considerada na junção das partes, para eliminar a interferência de rádio.

Expansão Térmica

A expansão térmica refere-se a contração ou expansão, que são reações produzidas nos metais como resultado de aquecimento e resfriamento. A aplicação de calor aos metais fará com que ele se expanda e aumente. Resfriamento e aquecimento afetam o projeto dos moldes de soldagem, fundição e tolerâncias necessárias para materiais laminados a quente.

Materiais Ferrosos na Aviação

Muitos metais diferentes são necessários no reparo de uma aeronave. Isto é o resultado das diferentes necessidades com relação a força, peso, durabilidade e resistência a deterioração de estruturas ou partes específicas. Além disso, um determinado formato ou forma de um material tem um papel importante. Na seleção de materiais para o reparo de aeronaves estes fatores, além de muitos outros, são considerados em relação a suas propriedades mecânicas e físicas.

Entre os materiais utilizados estão os metais ferrosos. O termo “ferroso” se aplica ao grupo de metais que tem o ferro como seu principal constituinte.

Ferro

Se o carbono for adicionado ao ferro, em percentagens que variam até 1 por cento, o produto é muito superior ao ferro puro e é classificado como aço carbono. O aço carbono forma a base para as ligas de aço produzidas pela combinação de aço carbono com outros elementos conhecidos por melhorar as propriedades do aço. Um metal base (como o ferro) ao qual pequenas quantidades de outros metais são adicionados são chamados de liga. A adição de outros metais altera ou melhora as propriedades físicas ou químicas do metal base, para um determinado uso.

Aço e Ligas de Aço

Para facilitar a discussão dos aços é desejável alguma familiaridade com a sua nomenclatura. Um índice numérico, estabelecido pela Sociedade dos Engenheiros Automotivos (SAE – Society of Automotive Engineers) e o Instituto Americano de Ferro e Aço (AISI - American Iron and Steel Institute), é usado para identificar as composições química e estrutural dos aços. Neste sistema uma série de quatro números é utilizado para designar certos tipos de ligas de aço. Os primeiros dois dígitos indicam o tipo de aço, o segundo dígito, geralmente, mas não sempre, dá a quantidade aproximada do elemento principal da liga, e os dois últimos (ou três) dígitos indicam a quantidade de carbono. Contudo, algumas vezes acontece algum desvio dessa regra de indicar a quantidade de carbono.

Pequenas quantidades de alguns elementos estão presentes em ligas de aço mas não especificadas conforme necessário. Estes elementos são considerados incidentais e podem estar presente nas seguintes quantidades máximas: 0,35% de cobre, 0,25% de níquel, 0,20% de cromo e 0,06% de molibdênio.

A lista de aços padrão é alterada de vez em quando para acomodar aços de mérito comprovado e prever alterações nos requisitos de metalurgia e engenharia

Series Designation	Types
100xx	Nonsulphurized carbon steels
11xx	Resulphurised carbon steels (free machining)
12xx	Rephosphorized and resulphurised carbon steels (free machining)
13xx	Manganese 1.75%
*23xx	Nickel 3.50%
*25xx	Nickel 5.00%
31xx	Nickel 1.25%, chromium 0.65%
33xx	Nickel 3.50%, chromium 1.55%
40xx	Molybdenum 0.20 or 0.25%
41xx	Chromium 0.50% or 0.95%, molybdenum 0.12 or 0.20%
43xx	Nickel 1.80%, chromium 0.5 or 0.80%, molybdenum 0.25%
44xx	Molybdenum 0.40%
45xx	Molybdenum 0.52%
46xx	Nickel 1.80%, molybdenum 0.25%
47xx	Nickel 1.05% chromium 0.45%, molybdenum 0.20 or 0.35%
48xx	Nickel 3.50%, molybdenum 0.25%
50xx	Chromium 0.25, or 0.40 or 0.50%
50xxx	Carbon 1.00%, chromium 0.50%
51xx	Chromium 0.80, 0.90, 0.95 or 1.00%
51xxx	Carbon 1.00%, chromium 1.05%
52xxx	Carbon 1.00%, chromium 1.45%
61xx	Chromium 0.60, 0.80, 0.95%, vanadium 0.12%, 0.10% min., or 0.15% min.
81xx	Nickel 0.30%, chromium 0.40%, molybdenum 0.12%
86xx	Nickel 0.55%, chromium 0.50%, molybdenum 0.20%
87xx	Nickel 0.55%, chromium 0.05%, molybdenum 0.25%
88xx	Nickel 0.55%, chromium 0.05%, molybdenum 0.35%
92xx	Manganese 0.85%, silicon 2.00%, chromium 0 or 0.35%
93xx	Nickel 3.25%, chromium 1.20%, molybdenum 0.12%
94xx	Nickel 0.45%, chromium 0.40%, molybdenum 0.12%
98xx	Nickel 1.00%, chromium 0.80%, molybdenum 0.25%

*Not included in the current list of standard steels

Figura 5-1. Índice numérico SAE

exigidos pela indústria. [Figura 5-1]

Os elementos estruturais de metal são manufaturados em diversas formas, incluindo lâminas, barras, hastes, tubulações, extrudados, forjados ou fundidos. As chapas metálicas são produzidas em diversos tama-

nhos e espessuras. As especificações designam a espessura em milésimos de polegadas. Barras e hastes são fornecidas em uma variedade de formatos, como redondas, quadradas, retangulares, hexagonais e octogonais. Tubulações podem ser obtidas nos formatos redondo, oval, retangular, etc. O tamanho dos tubos é

geralmente especificado pelo diâmetro externo e pela espessura das paredes.

As lâminas de metal são normalmente conformadas a frio, em máquinas como prensas, rolos de laminação, calandras. Forjados são produzidos prensando ou em martelos hidráulicos. Fundidos são produzidos derramando-se metal derretido em moldes. O acabamento dos fundidos e por usinagem.

O teste de faíscas é um método comum de se identificar diversos metais ferrosos. Neste teste um pedaço de ferro ou aço é mantido contra um rebolo que gira e o metal é identificado pelas fagulhas produzidas. Cada metal ferroso tem suas fagulhas características. Elas variam de algumas fagulhas curtas até uma chuva de fagulhas de vários pés de comprimento. Poucos metais não ferrosos emitem faíscas quando tocam um rebolo. Assim, estes metais não podem ser identificados por um teste de faíscas.

A identificação pelo teste de faíscas é frequentemente inexata, a não ser que seja realizada por uma pessoa experiente, ou que as peças testadas tenham muita diferença em conteúdo de carbono e ligas constituintes. Ferro forjado produz faíscas, longa que têm cor de palha na extremidade mais próxima da pedra e branca na outra ponta. As faíscas do ferro fundido são vermelhas quando saem da pedra e depois ficam cor de palha. Aços com baixo teor de carbono desprendem faíscas longas e retas que tem alguns ramos brancos. Aumentando o teor de carbono no aço, o número de ramos que surgem de cada faísca também aumenta, e os fachos de faísca vão ficando mais brancos. Aço níquel faz com que os fachos de faísca contenham pequenos blocos de luz branca dentro do facho principal.

Tipos, Características e Usos das Ligas de Aço

O aço contendo carbono em percentagens que variam de 0,10 até 0,30 por cento são classificados como aço de baixo carbono. Os números SAE equivalentes variam de 1010 a 1030. Aços deste grau são usados para fazer itens como cabe de segurança, algumas porcas, bucha de cabo ou extremidades de hastes rosqueadas. Este aço, em forma de chapas, é usado para partes estruturais secundárias e braçadeiras, e no formato tubular para partes estruturais moderadamente tensionadas.

O aço que contém carbono entre 0,30 e 0,50 por cento é classificado como aço de médio carbono. Este aço é especialmente adaptável para usinagem ou forjaria, e onde se deseja dureza na superfície. Algumas extremidades

de hastes e forjados leves são feitos de aço SAE 1035.

O aço que contém carbono variando entre 0,50 a 1,05 por cento é classificado como aço de alto carbono. A adição de outros elementos, em quantidades variáveis, aumenta a dureza do aço. O aço tratado a quente é muito duro, e suportará muito cisalhamento ou desgaste com pouca deformação. Tem uso limitado em aeronaves. O SAE 1095, em chapas, é usado para a produção de feixes de molas, e no formato de arames para se fazer molas helicoidais.

Os vários tipos de aço níquel são produzidos combinando-se níquel com aço carbono. O aço contendo de 3 a 3,75 por cento de níquel é comumente usado. O níquel aumenta a dureza, a resistência a tração e o limite elástico sem diminuir sensivelmente a ductilidade. Ele também intensifica o efeito endurecedor do tratamento térmico. O aço SAE 2330 é amplamente utilizado para a produção de partes de aeronaves, como parafusos, terminais, chaves, CLEVISES e pinos.

O aço cromo tem altas propriedades de dureza, força e resistência a corrosão, e é particularmente adaptável a peças forjadas termicamente tratadas, que exigem mais resistência e força do que pode ser obtida com aço carbono comum. Ele pode ser usado para artigos como rolos e esferas de rolamentos antifricção.

Cromo níquel ou aço inoxidável são os metais resistentes a corrosão. O nível de anticorrosividade deste aço é determinado pelas condições da superfície do metal, assim como pela composição, temperatura e concentração do agente corrosivo. A principal liga do aço inoxidável é o cromo. O aço resistente a corrosão mais frequentemente utilizado na construção de aeronaves é conhecido como aço 18-8 porque contém 18 por cento de cromo e 8 por cento de níquel. Uma das características distintivas do aço 18-8 é que sua força pode ser aumentada quando trabalhado a frio.

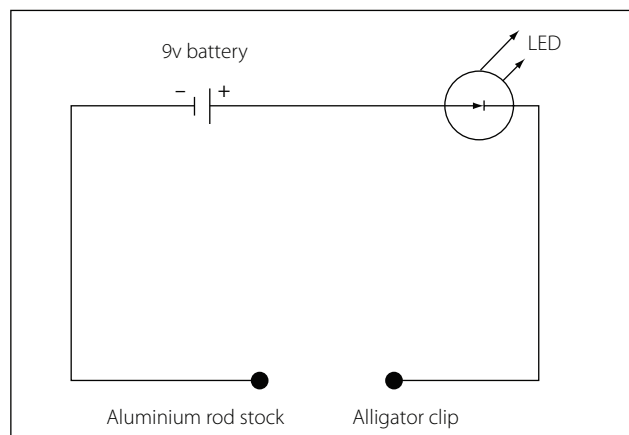
O aço inoxidável pode ser laminado, estirado, dobrado ou moldado em qualquer formato. Como estes aços expandem-se em aproximadamente 50% mais do que o aço comum como conduz calor apenas 40 por cento mais rapidamente é mais difícil de soltar. O aço inoxidável pode ser utilizado em quase qualquer parte da aeronave. Algumas de suas aplicações comuns são a fabricação de coletores de exaustão, STACKS e MANIFOLDS, peças estruturais e usinadas, molas, fundidos, tirantes e cabos de controle.

Os aços cromo-vanádio são feitos de aproximadamen-

te 18 por cento de vanádio e 1 por cento de cromo. Quando tratado termicamente eles tornam-se mais resistentes ao desgaste e a fadiga. Uma classe especial deste aço em lâminas pode ser modelado a frio em formas complexas. Ele pode ser dobrado ou achatado sem sinais de quebra ou falha. O SAE 6150 é usado para fazer molas. O cromo vanádio com alto conteúdo de carbono, SAE 6195, é usado para roletes e esferas de rolamentos.

O molibdênio, em pequenas porcentagens, é usado em combinação com o cromo para formar o aço cromo-molibdênio, que tem vários usos em aeronaves. O molibdênio é um elemento de liga forte. Ele eleva a resistência máxima do aço sem afetar a ductilidade e maleabilidade. Os aços molibdênio são duros e resistentes ao desgaste e endurecem quando tratados termicamente. São especialmente adaptáveis para soldagem e, por esta razão, usados principalmente para soldar partes estruturais e montagens. Este tipo de aço praticamente substitui o aço carbono na fabricação de tubos para estrutura de fuselagem, berços de motor, trens de pouso e outras partes estruturais. Por exemplo, o tubo de SAE X4130, tratado termicamente, é aproximadamente quatro vezes mais forte que um tubo SAE 1025 do mesmo peso e tamanho.

A série de aço cromo-molibdênio mais utilizado na construção de aeronaves é a série contendo de 0,25 até 0,55 por cento de carbono, 0,15 até 0,25 por cento de molibdênio e 0,40 a 1,10 por cento de cromo. Estes aços, quando recebem tratamento térmico adequado, são profundamente endurecidos, facilmente usinados e prontamente soldados, tanto pelos métodos a gás ou elétrico, e especialmente adaptáveis e serviços em alta temperatura.



Inserir Figura 5-2

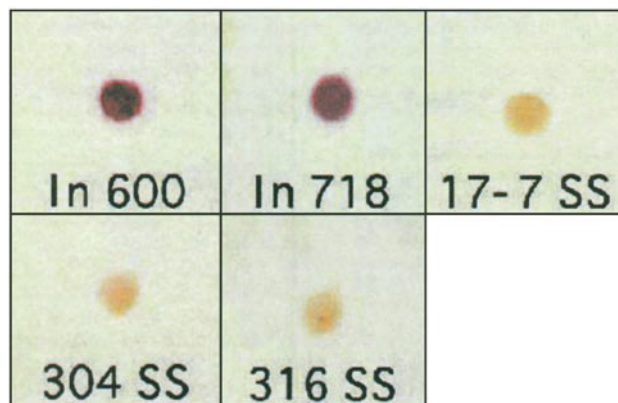
Inconel é uma liga de níquel-cromo-ferro cuja aparência é muito similar com o aço inoxidável (aço resistente a corrosão, CRES). Os sistemas de exaustão das aeronaves usam tanto uma liga como a outra. Como estas duas ligas tem aparência muito similar, é necessário fazer um teste para que possam ser distinguidas. Um método de identificação é usar uma técnica eletroquímica, descrita no parágrafo a seguir, para identificar o conteúdo de níquel (Ni) da liga. O Inconel tem um conteúdo de níquel maior do que 50 por cento, e o teste eletroquímico detecta o níquel.

A força tênsil do Inconel é de 100.000 psi recozido e 125.000 psi quando laminado rígido. Ele é altamente resistente a água salgada e capaz de suportar temperaturas tão altas quanto 1.600°F. O Inconel solda facilmente e tem qualidades de trabalho bastante similares a dos aços resistentes a corrosão.

Teste Eletromecânico

Prepare uma montagem de fiação, conforme mostrado na Figura 5-2, e prepare os dois reagentes (uma solução de amônio flúor e outra de dimetilglicoxima), colocando-as em frascos conta-gotas separados. Antes do teste os metais devem ser limpos, para que o depósito eletrolítico aconteça. Podem ser usadas esponjas não metálicas ou lixa com grão de 320 a 600, para remover depósitos de produtos e corrosão (óxido térmico)

Conecte um clip jacaré a montagem de fiação ao metal que será testado. Coloque uma gota de 0,05 por cento de reagente da solução de fluoreto de amônio em água deionizada no centro de uma folha de papel filtro de 1 polegada x 1 polegada. Deposite o filtro de



Inserir Figura 5-3

papel umedecido sobre a liga de metal que está sendo testada. Pressione firmemente a extremidade de um bastão de alumínio sobre o centro do papel umedecido. Mantenha esta pressão por 10 segundos enquanto movimentar o bastão no filtro de papel. Assegure-se que o diodo emissor de luz (LED) permaneça ligado (indicando bom contato elétrico e fluxo de corrente) durante este período. Desconecte a montagem da fiação e coloque-a de lado. Remova o filtro de papel e examine para determinar que um ponto de luz aparece onde a conexão foi feita.

Deposite uma gota de uma solução reagente a 1 por cento de dimetilglioxima e álcool etílico no filtro de papel (do mesmo lado em que esteve em contato com o metal no teste). Uma mancha brilhante e cor de rosa aparecerá em segundos, no filtro de papel, se o metal testado foi Inconel. Se aparecer uma mancha marrom o metal testado é aço inoxidável. Algumas ligas de aço inoxidável podem deixar um tom de cor de rosa muito claro. Contudo, a sombra e profundidade da cor podem ser muito menos intensas do que a do Inconel. Para superfícies planas, o teste da mancha pode ser circular, enquanto que em superfícies curvas, com na parte externa de um tubo, a mancha pode parecer como uma faixa. (Consulte a Figura 5-3 para um exemplo dos resultados do teste). Este procedimento não deve ser usado na zona afetada pelo calor de soldas ou em superfícies cobertas com níquel.

Metais Não Ferrosos na Aviação

O termo “não ferroso” refere-se a todos os metais que não tenham o ferro como constituinte principal. Este grupo inclui metais como alumínio, titânio, cobre e magnésio, assim como ligas metálicas como Monel e babbitt.

Alumínio e Ligas de Alumínio

O alumínio puro comercial é um metal branco brilhante que está em segundo lugar na escala de maleabilidade, sexto em ductilidade, e tem alta resistência a corrosão. O alumínio, combinado com várias porcentagens de outros metais, forma ligas que são usadas na construção de aeronaves.

As ligas de alumínio nas quais o principal ingrediente é o manganês, cromo, magnésio e silício mostram ser pouco atacados em ambiente corrosivos. Ligas com porcentagens substanciais de cobre são mais suscetíveis a corrosão. A porcentagem total de elementos da liga raramente é maior que 6 ou 6 por cento nas ligas forjadas.

O alumínio é um dos metais mais amplamente usados na construção de aeronaves modernas. Ele é vital a aviação industrial por causa da sua alta relação entre força e peso e comparativamente fácil fabricação. Uma característica marcante do alumínio é o seu baixo peso. O alumínio derrete em temperaturas relativamente baixas, de 1.250° F. Ele não é magnético e é um excelente condutor.

O alumínio comercialmente puro tem resistência a tração de aproximadamente 13.000 psi, mas esta resistência pode ser praticamente duplicada pela laminação ou outros processos de trabalho a frio. Pela formação de ligas com outros metais, ou pelo uso de processos de tratamento térmico, a resistência a tração pode ser elevada até 65.000 psi ou dentro da faixa de força do aço estrutural.

Ligas de alumínio, embora fortes, são facilmente trabalhadas porque são maleáveis e flexíveis. Elas podem ser laminadas em lâminas tão finas quanto 0,0017 polegadas ou estiradas em fios de 0,004 polegadas de diâmetro. A maioria das chapas de liga de alumínio utilizada na construção de aeronaves varia de 0,016 até 0,096 polegadas de espessura, porém algumas grandes aeronaves utilizam chapas de até 0,356 polegadas de espessura.

Os vários tipos de alumínio podem ser divididos em duas classes gerais: (1) ligas fundidas (aquelas apropriadas para fundição na areia, molde permanente ou fundição sob pressão) e (2) ligas forjadas (aquelas que podem ser modeladas por laminação, estiramento ou forjamento). Destes dois as ligas forjadas são mais amplamente utilizadas na construção de aeronaves, sendo usadas para longarinas, BULKHEADS (anteparos), revestimentos, rebites e seções extrudadas.

As ligas de alumínio fundido são divididas em dois grupos básicos. Em um as propriedades físicas das ligas são determinadas pelos seus elementos e não podem ser mudadas após o metal ser fundido. Na outra, os elementos da liga tornam possível o tratamento térmico do fundido para a produção das propriedades físicas desejadas.

As ligas fundidas são determinadas por uma letra que precede o número da liga. Quando uma letra precede um número isso indica uma leve variação na composição da liga original. Esta variação na composição é simplesmente para transmitir alguma qualidade de-

sejável. Na liga fundida 214, por exemplo, a adição de zinco melhora suas qualidades, conforme indicado pela letra A na frente do número, desta forma criando a designação A214.

Quando os fundidos são tratados termicamente o tratamento térmico e a composição do fundido são indicados pela letra T, seguido pelo número da liga. Um exemplo é esta liga 355 fundida na areia que recebeu diferentes composições e temperas e foi designada por 355-T6, 355-T51 ou C355-T51.

As ligas fundidas de alumínio são produzidas por um destes três métodos básicos: (1) molde na areia, (2) molde permanente ou (3) fundição sob pressão. Na fundição do alumínio é necessário lembrar que na maioria dos casos diferentes tipos de ligas devem ser usados para diferentes tipos de fundição. Moldes na areia e fundição sob pressão requerem tipos diferentes de ligas do que aquelas usadas para moldes permanentes.

Na fundição permanente ou moldes na areia as peças são produzidas derramando-se o metal derretido em moldes previamente preparados, permitindo que o metal se solidifique ou congele, e então removendo-se a peça. Se o molde for feito de areia, a peça é fundida na areia; se o molde for metálico (normalmente ferro fundido) a peça é fundida em molde permanente. As fundições em areia e moldes permanentes são produzidas derramando-se o metal líquido no molde, e o metal flui apenas com a força da gravidade.

Os dois principais tipos de ligas para fundição na areia são o 112 e o 212. Analisando-se do ponto de vista das propriedades mecânicas existe pouca diferença entre estes dois metais, porque ambos são adaptáveis a uma ampla gama de produtos.

O processo de molde permanente é um desenvolvimento posterior ao processo de fundição na areia, e a principal diferença é o material do qual o molde é feito. A vantagem desse processo é que existem menos aberturas (chamadas porosidades) do que na fundição na areia. A areia e o elemento de ligação, que é misturado na areia para uni-la, liberam certa quantidade de gás que causa a porosidade na fundição na areia.

A fundição em moldes permanentes é utilizada para se obter altas propriedades mecânicas, melhores superfícies, ou dimensões mais precisas. Existem dois tipos específicos de fundição em moldes permanen-

tes: (1) molde metálico permanente com núcleo de metal, e (2) tipos semipermanentes com núcleo de areia. Como uma fina estrutura é produzida nas ligas sujeitas a resfriamento rápido dos moldes de metal, que são muito superiores aos de areia. As ligas 122, A132 e 142 são frequentemente usados em fundição de moldes permanentes, cujo uso principal são os motores de combustão interna.

Fundidos sob pressão, usados em aeronaves, são normalmente ligas de alumínio ou magnésio. Se o peso for de importância principal a liga de magnésio é utilizada por ser mais leve que a liga de alumínio. Contudo, a liga de alumínio é usada frequentemente porque é mais forte que a maioria das ligas de magnésio.

Fundidos sob pressão são produzidos forçando-se metal derretido, sob pressão, em um molde metálico e permitindo que se solidifique. Depois o molde é aberto e a peça removida. A diferença básica entre a fundição em molde permanente e a fundição sob pressão é que no processo do molde permanente o metal flui para o molde pela gravidade. Na operação da fundição sob pressão o metal é forçado sob grande pressão. Fundidos sob pressão são usados onde existe uma produção relativamente alta de determinada peça. Lembre, qualquer formato que pode ser forjada pode ser fundida.

Alumínio forjado e ligas de alumínio forjado são divididos em duas classes gerais: as passíveis de ser tratadas termicamente e as que não podem passar por esse processo.

As ligas que não podem ser tratadas termicamente são aquelas cujas propriedades mecânicas são determinadas pela quantidade de trabalho fio feita após a operação final de recozimento. As propriedades mecânicas obtidas pelo trabalho a frio são destruídas por qualquer aquecimento subsequente e não pode ser restaurada exceto por mais trabalho a frio, o que nem sempre é possível. O endurecimento rápido é produzido pela quantidade máxima de trabalho a frio comercialmente praticável. O metal, como fabricado, é produzido a partir do lingote sem qualquer quantidade de trabalho a frio subsequente ou tratamento térmico. Existe, conseqüentemente, uma quantidade variável de encruamento, dependendo da espessura da seção. Para ligas de alumínio passíveis de tratamento térmico as propriedades mecânicas são obtidas pelo tratamento térmico realizado a temperatura adequada, mantendo-se a temperatura por tempo suficiente para permitir o constituinte da liga entrar em solução soli-

Alloy	Percentage of alloying elements (aluminum and normal impurities constitute remainder)								
	Copper	Silicon	Manganese	Magnesium	Zinc	Nickel	Chromium	Lead	Bismuth
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	—	0.6	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 5-4.

da, mantendo os componentes em solução. O metal é deixado em um estado instável, supersaturado e então endurecido por envelhecimento em temperatura ambiente ou envelhecimento artificial em temperatura elevada.

Alumínio Forjado

Alumínio forjado e ligas de alumínio forjado são designadas por um sistema de quatro dígitos. Este sistema é dividido em três partes distintas: grupo 1xxx, grupo 2xxx até o grupo 8xxx e grupo 9xxx (atualmente não utilizado).

O primeiro dígito identifica o tipo de liga. O segundo dígito indica as modificações específicas da liga. Se o segundo número for zero isso indica nenhum controle especial sobre impurezas individuais. Os dígitos de 1 a 9, quando utilizados consecutivamente no segundo dígito deste grupo, indicam o número de controles sobre impurezas individuais no metal.

Os dois últimos dígitos do grupos 1xxx são usados para indicar os centésimos de 1 por cento acima dos 99 por cento originais designados pelo primeiro dígito. Assim, se os dois últimos números forem 30, a liga contém 99 por cento mais 0,30 por cento de alumínio puro, ou um total de 99,30 por cento de alumínio puro. Exemplos de ligas deste grupo são:

- 1100 – 99,00 por cento de alumínio puro com um controle sobre impurezas individuais.
- 1130 – 99,30 por cento de alumínio com um controle sobre impurezas individuais.
- 1275 – 99,75 por cento de alumínio com dois controles sobre impurezas individuais.

Nos grupos 2xxx até 8xxx o primeiro dígito indica o principal elemento usado na formação da liga, sendo os seguintes:

- 2xxx – cobre
- 3xxx – manganês
- 4xxx – silício
- 5xxx – magnésio
- 6xxx – magnésio e silício
- 7xxx – zinco
- 8xxx – outros elementos

Dos grupos 2xxx até o 8xxx o segundo dígito na designação da liga indicam a modificação da liga. Se o segundo dígito for zero indica a liga original, enquanto que os dígitos de 1 a 9 indicam as modificações da liga. Os dois últimos números dos quatro dígitos identificam as diferentes ligas do grupo. [Figura 5-4]

Efeito dos Elementos da Liga

Série 1000. 99 por cento ou mais de alumínio, excelente resistência a corrosão, alta condutividade térmica e elétrica, baixas propriedades mecânicas, excelente capacidade de ser trabalhado. Ferro e silício são as principais impurezas.

Série 2000. O cobre é o principal elemento da liga. Ótimas propriedades, como as do aço macio (doce), pouca resistência a corrosão se não for cladeado. Normalmente é cladeado com o 6000 ou uma liga de alta pureza. Sua liga mais conhecida é o 2024.

Série 3000. O manganês é o principal elemento da liga deste grupo, que normalmente não é tratável termicamente. A porcentagem de manganês que é eficaz na liga é de 1,5 por cento. O maior popular é o 3003, que tem força moderada e boas propriedades de trabalho.

Série 4000. O silício é o principal elemento da liga neste grupo, e reduz a temperatura de fusão. Seu uso principal é na soldagem. Quando utilizado para soldar ligas termicamente tratáveis responde a uma quantidade limitada de tratamento térmico.

Série 5000. O magnésio é o principal elemento da liga. Tem boa resistência a soldagem e corrosão. Temperaturas acima de 150°F ou excesso de trabalho a frio aumentam a suscetibilidade à corrosão.

Série 6000. Silício e magnésio formam o silicato de magnésio, que torna a liga termicamente tratável. Tem resistência média e boas qualidades de conformação, assim como características resistentes a corrosão. A liga mais popular da série é a 6061.

Série 7000. O zinco é o principal elemento da liga. Quando associado ao magnésio resulta em ligas termicamente tratáveis e de resistência muito alta. Normalmente tem adicionados cobre e cromo. A principal liga deste grupo é a 7075.

Identificação de Dureza

Quando utilizada, a designação de têmpera segue a designação da liga e é separada da segunda por um hífen. Por exemplo: 7075-T6, 2024-T4, e assim por diante. A designação da têmpera consiste em uma letra indicando a têmpera básica, que pode ser mais especificamente definida pela adição de um ou mais dígitos. Estas designações são as seguintes:

- F - conforme fabricado.
- O - recozido, recristalizado (apenas produtos forjados)
- H - endurecido a frio
- H1 (pode ter um ou mais dígitos) - apenas endurecidos a frio
- H2 (pode ter um ou mais dígitos) - endurecido a frio e parcialmente recozido
- H3 (pode ter um ou mais dígitos) - endurecido a frio e estabilizado

O dígito que segue a designação H1, H2 e H3 indica o nível de endurecimento a frio, o número 8 representando a máxima resistência a tração possível, igual aquela conseguida pela redução a frio de aproximadamente 75% seguindo um recozimento total, 0 representando o estado recozido.

Magnésio e Ligas de Magnésio

Magnésio, o metal estrutural mais leve do mundo, é um material branco prateado e cujo peso equivale a apenas dois terços do peso do alumínio. O magnésio não tem resistência o suficiente, em seu estado puro, para uso estrutural, mas quando em uma liga com o zinco, alumínio ou manganês produz uma liga de alta resistência com relação ao seu peso, se comparado com os metais comumente utilizados.

O magnésio é provavelmente mais amplamente distribuído na natureza do que qualquer outro metal. Ele pode ser obtido de minérios como a dolomita e a Magnesita, e da água do mar, salmouras subterrâneas e resíduos de soluções de cloreto de potássio. Uma milha cúbica de água do mar contém aproximadamente 10 milhões de libras de magnésio, portanto não existe risco de escassez de oferta.

Algumas das aeronaves de hoje chegam a empregar mais de meia tonelada deste metal, em centenas de pontos vitais. Alguns painéis de asa são completamente produzidos com ligas de magnésio, pesando 18 por cento menos que os painéis de alumínio padrão, e voando centenas de horas satisfatoriamente. Entre as partes de aeronaves que são feitas de magnésio, com substancial redução de peso estão nas portas do alojamento da bequilha, revestimento dos flaps, dos ailerons, tanques de óleo, pisos, partes da fuselagem, pontas das asas, nasceles do motor, painéis de instrumento, antenas de rádio, tanques de fluidos hidráulicos, alojamentos das garrafas de oxigênio, dutos e assentos.

As ligas de magnésio têm boas características de fusão. Suas características comparam-se favoravelmente com as do alumínio fundido. Em forja, as prensas hidráulicas são comumente usadas, embora, sob certas condições, a forja possa ser feita em prensas mecânicas ou com martelos de queda.

Ligas de magnésio estão sujeitos a tratamentos tais como recozimento, têmpera, SOLUTION HEAT TREATMENT, envelhecimento e estabilização. Chapas e placas de magnésio são recozidas no laminador. O SOLUTION HEAT TREATMENT é utilizado para colocar o máximo de ingredientes possível da liga em solução sólida, o que resulta em alta resistência a tração e máxima resistência a deformação. Envelhecimento é aplicado a fundição após o tratamento térmico onde são desejadas máxima dureza e resistência a deformação.

O magnésio incorpora riscos de incêndio, sendo imprevisível. Quando em grandes seções, sua grande condutividade térmica torna a ignição difícil e evita a combustão. Ele não se incendeia até alcançar o ponto de fusão, de 1.204°F. Contudo, o pó do magnésio ou pequenos pedaços incendeiam facilmente. Deve-se tomar precauções para que isso não aconteça. Em caso de incêndio, use extintor de incêndio de pó, como pedra sabão ou grafite. Extintores de água, qualquer líquido padrão, ou espuma fazem com que o magnésio queime mais rapidamente e cause explosões.

As ligas de magnésio produzidas nos Estados Unidos consistem de magnésio com diversas proporções de alumínio, manganês e zinco. Estas ligas são designadas por uma letra do alfabeto com o número 1 indicando alta pureza e máxima resistência a corrosão. Muitas das ligas do magnésio manufaturadas nos Estados Unidos são produzidas pela Dow Chemical Company e recebem o nome comercial Dowmetal™. Para diferir entre estas ligas cada uma recebe uma letra no nome. Assim, temos a Dowmetal J, Dowmetal M, e assim por diante.

Outro fabricante das ligas de magnésio é a American Magnesium Corporation, uma subsidiária da Aluminum Company of America. Esta empresa usa um sistema de identificação similar ao utilizado pelas ligas de alumínio, com exceção que os números das ligas de magnésio são precedidas das letras AM. Assim, AM240C é uma liga fundida, e AM240C4 é a mesma liga tratada termicamente. AM3S0 é uma liga de forjado recozido e AM3SRT é a mesma liga laminada após o tratamento térmico.

Titânio e Ligas de Titânio

O titânio foi descoberto por um padre inglês chamado Gregot. Uma separação bruta do minério de titânio foi realizada em 1825. Em 1906 foi isolada uma quantidade suficiente de titânio puro, em forma metálica, para permitir um estudo. Após este estudo, em 1932, um processo de extração foi desenvolvido, e tornou-se o primeiro método comercial para a produção de titânio. O United States Bureau of Mines começou a produzir esponja de titânio em 1946, e quatro anos após começou o processo de fusão.

O uso do titânio é amplamente difundido. É utilizado em diversas aplicações comerciais, e tem demanda constante para item como bombas, anteparos, e outras ferramentas e acessórios onde existe muito ataque da corrosão. Na construção e reparo de aeronaves utiliza-se o titânio nas proteções da fuselagem, proteção do motor, FIREWALLS, longarinas, estruturas, FITTINGS, dutos de ar e tirantes.

O titânio é utilizado para se fazer discos de compressor, SPACER RINGS, COMPRESSOR BLADES e VANES, THROUGH BOLTS, TURBINE HOUSINGS e LINERS, e diversas outras HARDWARE para motores turbo.

A aparência do titânio é similar a do aço inoxidável. Um método rápido para se identificar o titânio é o teste de faísca. O titânio solta uma faísca branca brilhante que termina em um BRILLIANT WHITE BURST. A identificação também pode ser feita umedecendo-se o titânio e usando-o para se traçar uma linha em um pedaço de vidro. Isso deixará uma linha escura, parecido com um traço de lápis.

Em termos de elasticidade, densidade e resistência a temperaturas altas o titânio fica entre o alumínio e o aço inoxidável. Seu ponto de fusão vai de 2.730°F até 3.155°F, baixa condutividade térmica e baixo coeficiente de expansão. Ele é leve, forte e resistente a corrosão por tensão. O titânio é aproximadamente 60 por cento mais pesado que o alumínio e 50 por cento mais leve que o aço inoxidável.

Em função do seu alto ponto de fusão, as suas propriedades de alta temperatura não são interessantes. Seu limite de elasticidade cai rapidamente acima dos 800°F. A absorção do oxigênio e nitrogênio do ar, a temperaturas acima de 1.000°F, tornam o metal tão frágil a longa exposição que ele rapidamente se torna inútil. Contudo, o titânio tem méritos com relação

a curta exposição a temperaturas acima de 3.000°F, onde a força não é importante. Os FIREWALLS da aeronave exigem esta característica.

O titânio não é magnético e tem resistência elétrica comparável a do aço inoxidável. Algumas das ligas bases do titânio são bastante duras. O tratamento térmico e a formação de ligas não desenvolvem a dureza do titânio aos níveis máximos de algumas ligas de aço termicamente tratadas. Não faz muito tempo que foi desenvolvida uma liga de titânio termicamente tratável. Antes do desenvolvimento desta liga o aquecimento e a laminação eram as únicas formas possíveis de conformação. Esta nova liga é possível de ser conformada em sua condição macia e então receber tratamento térmico para ter dureza.

Ferro, molibdênio e cromo são utilizados para estabilizar o titânio e produzir ligas que irão QUENCH HARDEN e AGE HARDEN. A adição destes metais também acrescenta maleabilidade. A resistência a fadiga do titânio é maior que a do alumínio ou aço.

Quanto maior o nível de pureza do titânio, mais macio ele fica. Não é prático distinguir entre os vários níveis de pureza comercial do titânio, que não está em ligas, por análise química. Desta forma, os níveis de pureza são determinados por suas propriedades mecânicas.

Designações do Titânio

A classificação A-B-C das ligas de titânio foram estabelecidas para fornecer uma maneira simples e conveniente de descrever as ligas. O titânio e as ligas de titânio possuem três tipos básicos de cristais: A (alfa), B (beta) e C (uma combinação de alfa e beta). Suas características são:

- A (alpha) - desempenho; boa capacidade de solda; forte e resistente tanto nas formas fria quando quente, e resistente a oxidação.
- B (beta) - capacidade de ser dobrado; excelente maleabilidade para dobra; forte quando quente ou frio e invulnerável a contaminação.
- C (combinação de alfa e beta para combinar desempenhos) – forte quando frio e tépido, mas fraco quando quente; boa capacidade de dobra, resistência moderada a contaminação; excelente capacidade de forja.

O titânio é manufaturado para uso comercial em duas composições básicas: titânio comercial puro e a liga de titânio A-55 é um exemplo do titânio comercial puro.

Ele tem rendimento de força de 55.000 a 80.000 psi e é uma classe de uso geral para conformação severa. Algumas vezes é utilizado para partes não estruturais da aeronave e para todo o tipo de aplicações resistentes a corrosão, tais como tubulações. O titânio tipo A-70 está relacionado, de forma bastante próxima, ao tipo A-55, mas tem um rendimento de força de 70.000 a 95.000 psi. É utilizado onde se exige maior força, e é específico para muitas partes da aeronave que recebem pressão moderada. Para muitas aplicações em corrosão é usado da mesma forma que o tipo A-55. Tanto o A-55 como o A-70 são soldáveis.

Uma das ligas bases do titânio é chamada de C-110M. É utilizada para membros estruturais primários e para a proteção da aeronave (SKIN), tem rendimento de força mínimo de 110.000 psi e contem 8 por cento de manganês.

O tipo A-110AT é uma liga de titânio que contem 5 por cento de alumínio e 2,5 por cento de estanho. Ele também tem rendimento de força mínimo em altas temperaturas, com excelentes características de soldagem, inerentes as ligas de titânio do tipo alfa.

Características de Corrosão

A resistência a corrosão do titânio é digna de comentários. A resistência deste metal a corrosão é causada pela formação de uma camada protetora de um filme de óxido estável ou oxigênio quimicamente absorvido. O filme é frequentemente produzido pela presença de oxigênio e agentes oxidantes.

A corrosão do titânio é uniforme. Existem pouca evidência de PITTING ou outras formas graves de ataque localizado. Normalmente ele não está sujeito a tensão por corrosão, fadiga por corrosão, corrosão intergranular ou corrosão galvânica. Sua resistência a corrosão é igual ou superior ao aço inoxidável 18-8.

Testes de laboratório com ácido e soluções salinas mostraram que o titânio prontamente se polariza. O efeito líquido, geralmente, é uma diminuição de fluxo da corrente galvânica e células de corrosão. As correntes de corrosão na superfície do titânio e METALLIC COUPLES é naturalmente restrita. Isto é parcialmente responsável pela boa resistência a muitos produtos químicos. O material também pode ser utilizado com alguns metais DISSIMILAR com nenhum efeito galvânico negativo em ambos.

Cobre e Ligas de Cobre

O cobre é um dos metais mais amplamente distribuídos. É o único metal de cor avermelhada e é o segundo, após a prata, em termos de condutividade elétrica. Seu uso como material estrutural é limitado por causa do seu peso. Contudo, algumas das suas excelentes características, tais como alta condutividade térmica e elétrica, em muitos casos, contam mais que o fator peso.

Por ser muito maleável e dútil o cobre é ideal para se fazer WIRE. Sofre corrosão pela água salgada mas não é afetado por água doce. A resistência final a tração do cobre tem grande variação. Para o cobre fundido a força de tração é de aproximadamente 25.000 psi, e quando laminado a frio ou COLD DRAWN sua força de tração aumenta para 40.000 ou até 67.000 psi.

Em aeronaves o cobre é utilizado, principalmente, no sistema elétrico para BUS BARS, BONDING e como LOCKWIRE.

O cobre berílio é uma das ligas base de cobre de mais sucesso. É uma liga recentemente desenvolvida e contém aproximadamente 97 por cento de cobre, 2 por cento de berílio e níquel o suficiente para aumentar o percentual de alongamento. A característica mais importante deste metal é a propriedade físico-química, que pode ser bastante intensificada pelo tratamento térmico, a força de tração aumentando de 70.000 psi no estado recozido para 200.000 tratado termicamente. A resistência do cobre berílio a fadiga e desgaste o torna apropriado para DIAPHRAGMS, PRECISION BEARINGS e BUSHINGS, BALL CAGES e SPRING WASHERS.

O bronze é uma liga de cobre que contém zinco e pequenas quantidades de alumínio, ferro, chumbo, manganês, magnésio, níquel, fósforo e estanho. O bronze com 30 a 35 por cento de zinco é bastante dútil, mas o que contém 45 por cento é relativamente bem forte. O MUNTZ METAL é um bronze composto de 60 por cento de cobre e 40 por cento de zinco. Tem uma excelente resistência a corrosão a água salgada. Sua resistência pode ser aumentada pelo tratamento térmico. Fundido, este metal tem resistência a tração de 50.000 psi, e pode ser alongado em 18 por cento. É utilizado para ser fazer parafusos e porcas, assim como partes que entram em contato com a água salgada.

O bronze vermelho, algumas vezes simplesmente chamado de “bronze” por causa da sua quantidade de estanho, é utilizado em encaixes (FITTINGS) de linhas de combustível e óleo. Esse metal tem boas

propriedades de fundição e acabamento e pode ser usinado livremente.

Os “bronzes” são ligas de cobre que contém estanho. Os verdadeiros “bronzes” tem até 25 por cento de estanho, mas aqueles com menos de 11 por cento são mais úteis, especialmente para aqueles itens como TUBE FITTINGS em aeronaves.

Entre as ligas de cobre estão as ligas de cobre alumínio, nas quais os “bronze” alumínio tem classificação bastante alta no uso em aeronaves. Eles seriam bastante úteis em estruturas, se não fosse por sua relação entre peso e força quando comparado com as ligas de aço. O “bronze” alumínio forjado é quase tão forte e dútil como o aço carbono médio, e tem grande nível de resistência a corrosão pelo ar, água salgada e produtos químicos. São facilmente forjados, laminados a quente ou frio, e muitos reagem ao tratamento térmico.

Estas ligas a base de cobre contem até 16 por cento de alumínio (normalmente entre 5 a 11 por cento), nas quais outros metais como ferro, níquel ou manganês podem ser adicionados. Os “bronze” alumínio têm boas TEARING QUALITIES, muita força, dureza e resistência, tanto ao choque como a fadiga. Por causa destas propriedades eles são utilizados para DIAPHRAGMS, engrenagens e bombas. Os “bronze” alumínio estão disponíveis em RODS, barras, PLATES, chapas, STRIPS e FORGINGS.

“bronze” alumínio fundidos, usando aproximadamente 98 por cento de cobre, 9 por cento de alumínio e 2 por cento de outros elementos tem bastante força combinada com ductilidade, e são resistentes a corrosão, choque e fadiga. Por causa destas propriedades, o “bronze” alumínio fundido é usado em BEARINGS AND PUMP PARTS. Estas ligas são úteis em áreas expostas a água salgada e gases corrosivos.

O bronze manganês é uma liga de cobre e zinco que tem força excepcionalmente alta, forte, resistente a corrosão, que contém alumínio, manganês, ferro e, ocasionalmente, níquel ou estanho. Este metal pode ser modelado, estrudado, DRAWN ou laminado em qualquer formato que se desejar. Na forma de ROD é geralmente utilizado para peças usinadas, para engrenagens de trens de pouso e BRACKETS.

O bronze sício é um desenvolvimento mais recente composto de 95 por cento de cobre, 3 por cento de silí-

cio e 2 por cento de manganês, zinco, ferro, estanho e alumínio. Embora não seja bronze no verdadeiro sentido, porque sua quantidade estanho é pequena, o bronze silício tem alta força e grande resistência a corrosão.

Monel

O Monel, a liga de elevado nível de níquel, combina as propriedades de alta força e excelente resistência a corrosão. Este metal tem 68 por cento de níquel, 29 por cento de cobre, 0,2 por cento de ferro, 1 por cento de manganês e 1,8 por cento de outros elementos. Não pode ser endurecida por tratamento térmico.

O Monel, adaptável a fundição e ao trabalho frio e quente, pode ser soldado com sucesso. Tem propriedades de trabalho similares ao aço. Quando forjado ou recozido sua resistência a tração é de 80.000 psi. Esta pode ser aumentada para 125.00 pelo trabalho a frio, o suficiente para ser classificada entre as ligas resistentes.

O Monel tem sido usado com sucesso para engrenagens e correntes que operam trens de pouso retráteis, ou para partes estruturais sujeitas a corrosão. Em aeronaves o Monel é usado para partes que demandam força e alta resistência a corrosão, tais como EXHAUST MANIFOLDS e CARBURETOR NEEDLE VALVES e SLEEVES.

K-Monel

O K-Monel é uma liga não ferrosa que contém principalmente níquel, cobre e alumínio. É produzida adicionando-se uma pequena quantidade de alumínio na fórmula do Monel. É resistente a corrosão e capaz de ser endurecida por tratamento térmico.

O K-Monel tem sido usado, com sucesso, para engrenagens, e partes estruturais da aeronave que são sujeitas a ataques de corrosão. Esta liga é não magnética, em qualquer temperatura. Uma chapa de K-Monel pode ser soldada com sucesso tanto por oxiacetileno com por arco elétrico.

Níquel e Ligas de Níquel

Existem basicamente duas ligas de níquel utilizadas em aeronaves. Elas são o Monel e o Inconel. O Monel contém aproximadamente 68 por cento de níquel e 29 por cento de cobre, mais pequenas quantidades de ferro e manganês. As ligas de níquel podem ser soldadas ou facilmente usinadas. Alguns dos níquel Monel, especialmente o níquel Monel que contém pequenas quantidades de alumínio são tratáveis termicamente para ficar com resistência a tração similar ao aço. O

níquel Monel é usado em engrenagens e partes que exigem alta resistência e dureza, tais como sistemas de exaustão que pedem alta resistência e resistência a corrosão em temperaturas elevadas.

As ligas de níquel Inconel produzem alta resistência, liga de alta temperatura que contém aproximadamente 80 por cento de níquel, 14 por cento de cromo e pequenas quantidades de ferro e outros elementos. As ligas de níquel Inconel são frequentemente utilizadas em motores turbo por sua habilidade de manter a resistência e resistência a corrosão sob condições de temperatura extremamente altas.

O Inconel e o aço inoxidável são similares na aparência e frequentemente encontrados nas mesmas áreas do motor. Algumas vezes é importante identificar a diferença entre as amostras de metal. Um teste comum é aplicar uma gota de uma solução de cloreto cúprico e ácido clorídrico no metal desconhecido e esperar por dois minutos. Após este período de contato do metal com a solução uma mancha brilhante indica que o material é níquel Inconel, e uma mancha acobreada indica que é aço inoxidável.

Substituição de Metais na Aeronave

Quando se selecionam materiais substitutos para o reparo e manutenção de aeronaves é muito importante verificar o manual de reparo estrutural apropriado. Os fabricantes de aeronaves projetam membros estruturais que atendam exigências específicas de carga para uma determinada aeronave. Os métodos para reparo destes membros, aparentemente similares em construção, variam dependendo da aeronave.

Quatro exigências devem ser lembradas quando materiais substitutos são selecionados. O primeiro e mais importante é manter a resistência original da estrutura. Os outros três são: (1) manter o contorno ou a suavidade aeronáutica, (2) manter, se possível, o peso original ou que o acréscimo de peso seja mínimo, e (3) manter as propriedades originais de resistência a corrosão do metal.

Processos de METALWORKING

Existem três métodos de METALWORKING: (1) trabalho a quente, (2) trabalho a frio, e (3) extrusão. A escolha do método utilizado dependerá do metal envolvido e da parte necessária, embora algumas vezes tanto o trabalho a quente quanto a frio podem ser utilizados para se fazer uma determinada parte.

Trabalho a Quente

Quase todos os aços são trabalhados a quente a partir do lingote para alguma forma, e a partir desta são trabalhados a frio ou quente para o formato acabado. Quando um lingote é removido do seu molde sua superfície é sólida, mas o interior ainda está derretido. O lingote então é colocado em um SOAKING PIT que retarda a perda de calor, e o interior derretido se solidifica gradualmente. Após SOAKING a temperatura é equalizada no lingote, que é então reduzido a um tamanho intermediário por laminação, tornando-o mais facilmente manuseável.

O ROLLED SHAPE é chamado de BLOOM quando as dimensões da seção são de 6 polegadas x 6 polegadas ou maiores e mais ou menos quadrado. Esta seção é chamada de BILLET quando é mais ou menos quadrada e menor do que 6 polegadas x 6 polegadas. Seções retangulares com largura maior do que duas vezes a sua espessura são chamadas de SLABS. O SLAB é o formato intermediário do qual as chapas são laminadas.

BLOOMS, BILLETS ou SLABS são aquecidos acima da faixa crítica e laminados em diversas formas de uma seção transversal uniforme. Formas comumente laminadas são chapas, barras, CHANNEL, ANGLE e I-BEAM. Conforme discutido anteriormente neste capítulo o material laminado a quente é frequentemente acabado por laminação a frio ou DRAWING para se obter um acabamento de dimensões perfeitas e uma superfície lisa e brilhante.

Seções complicadas que não podem ser laminadas, ou seções em que apenas uma pequena quantidade seja necessária, são normalmente forjadas. A forja do aço é um trabalho mecânico com temperaturas acima da faixa crítica para que o metal seja modelado conforme desejado. A forja é feita tanto através do forjamento por como martelando o aço aquecido até que o formato desejado seja obtido.

O forjamento por pressão é utilizado quando as partes a serem forjadas são grandes e pesadas. Este processo também substitui o martelo quando se necessita de aço de alta qualidade. Como o forjamento por pressão é lento, a força é transmitida de maneira uniforme ao centro da seção, afetando desta forma a granulação interior da estrutura da mesma forma que afeta a exterior, criando a melhor estrutura possível em toda a peça.

O martelamento pode ser utilizado apenas em peças relativamente pequenas. Como o martelo transmite

sua força de forma quase que instantânea o seu efeito é limitado a pouca profundidade. Assim, é necessário o uso de um martelo muito pesado, ou sujeitar a peça a diversas marteladas para se certificar que o trabalho foi realizado em toda seção. Se a força aplicada não for o suficiente para alcançar o centro a superfície forjada acabada será côncava. Se o centro foi trabalhado adequadamente, a superfície será convexa ou estufada. A vantagem da forja com o martelo é que o operador tem controle sobre a quantidade de pressão aplicada e também sobre a temperatura do acabamento, e é capaz de produzir pequenas peças de alta qualidade. Este tipo de forja é chamado, normalmente, de forjamento de ferreiro. É usado extensivamente quando são necessárias, apenas, um pequeno número de peças. Economiza-se bastante tempo de usinagem quando a peça é forjada com martelo até aproximadamente o formato acabado.

O aço é normalmente mais duro do que o necessário e demasiadamente frágil para a maioria dos usos práticos quando colocado sob grande pressão interna. Para aliviar tal pressão é reduzir a fragilidade é ele temperado após ser endurecido. Este processo consiste em aquecer o aço em um forno, a uma determinada temperatura, e então resfriado no ar, óleo, água ou uma solução especial. A condição da tempera se refere a condição do metal ou ligas de metal, com relação a sua dureza ou resistência. Laminação, forjamento ou BENDING destas ligas, ou tratamento térmico e depois envelhecimento faz com que ele se torne mais resistente e duro. Algumas vezes estas ligas tornam-se duras demais para serem conformadas e devem ser reaquecidas ou recozidas.

Os metais são recozidos para liberar a pressão interna, amaciar o metal, torná-los mais DUCTILE e refinar o grão da estrutura. O recozimento consiste em aquecer o metal a uma certa temperatura prescrita, mantê-lo lá por período de tempo determinado e depois resfriá-lo novamente a temperatura ambiente. Para se produzir um maior grau de amaciamento o metal deve ser resfriado muito lentamente. Alguns metais devem ser resfriados no forno e outros podem ser resfriados no ar.

A normalização aplica-se apenas aos metais ferrosos. A normalização consiste em se aquecer a peça a uma temperatura adequada, mantê-lo nesta temperatura até que esteja aquecido uniformemente então resfriado e resfriados no ar. A normalização é utilizada para aliviar a pressão dos metais.

Resistência, peso e confiabilidade são os três fatores que determinam as exigências a serem cumpridas por qualquer material utilizado na construção ou reparo da fuselagem. As fuselagens precisam ser fortes e ao mesmo tempo o mais leve possível. Existem limites muito bem definidos de como o aumento da resistência pode vir acompanhado de aumento de peso. Uma fuselagem tão pesada que não poderia suportar mais algumas centenas de libras seria muito útil.

Todos os metais, além de terem boa relação entre resistência e peso devem ser completamente confiáveis, minimizando a possibilidade de falhas perigosas e inesperadas. Além destas propriedades gerais o material selecionado para um determinada aplicação deve ter qualidades específicas apropriadas para o propósito. O material deve ter a resistência necessária para as dimensões, peso e uso. As cinco pressões básicas que os metais sofrem são: tensão, compressão, cisalhamento, flexão e torção.

A resistência a tração de um material é sua resistência a força que tenta rasgá-lo. A resistência a tração é medida em libras por polegada quadrada (psi) e é calculada dividindo-se a carga, em libras, necessária para rasgar o material em sua área CROSS SECTIONAL em polegadas quadradas.

A força de compressão de um material é sua resistência a uma força de esmagamento que é oposta a força de tração. A força de compressão também é medida em psi. Quando um pedaço de metal é cortado, o material é sujeito, quando em contato com uma borda cortante, a uma força conhecida como cisalhamento. Cisalhamento é a tendência de membros paralelos deslizarem em direções opostas. É como colocar um cordão ou fio entre as lâminas de uma tesoura. A força da tesoura é a forma de cisalhamento em psi na qual o material cede. É a carga dividida pela área do corpo submetida a força.

A flexão pode ser descrita como a deflexão ou curvamento de um membro devido a forças que agem sobre ele. A resistência a tração de um material é a resistência que ele oferece as forças de deflexão. A torção é uma força de torção. Tal ação ocorre em um membro que tem uma de suas extremidades fixa e é torcido na outra. A força de torção do material é sua resistência a torção. A relação entre a resistência de um material e seu peso por polegada cúbica, expressão com uma razão, é conhecida como razão entre resistência e peso. Esta razão forma as bases de comparação entre os vários

metais que podem ser usados na construção e reparo de fuselagens. O peso ou a resistência, isoladamente, não podem ser usados como parâmetros de comparação. Em algumas aplicações, como na proteção de estruturas MONOCOQUE, a espessura é mais importante que a resistência, e neste caso o material mais leve para uma determinada espessura ou GAUGE é o melhor. A espessura ou BULK é necessária para evitar BUCKING ou dano causado por manuseio descuidado.

A corrosão faz com que o metal fure ou fique carcomido em sua superfície ou na sua estrutura interna. Por causa de seções finas e dos fatores de segurança usados nos projetos e construção de aeronaves seria perigoso selecionar um material que tivesse pouca resistência a corrosão.

Outro fator significativo a ser considerado com relação a manutenção e reparo é a habilidade do material ser modelado, curvado, ou usinado em determinados formatos. O endurecimento de metais a frio ou modelado é chamado de endurecimento. Se um pedaço de metal é modelado enquanto estiver frio, diz-se que foi trabalhado a frio. Praticamente todo o trabalho na mecânica de aviação é realizado a frio. Embora conveniente, faz com que o metal se torne mais duro e mais quebradiço.

Se o metal for excessivamente trabalhado a frio, ou seja, se for curvado para frente e para trás ou forjado a martelo, no mesmo local, por tempo demais, ele pode rachar ou quebrar. Normalmente quanto mais maleável e dútil for um metal mais ele resiste ao trabalho a frio. Qualquer processo que envolva aquecimento e resfriamento controlado dos metais para desenvolver certas características desejáveis (tais como dureza, maciez, DUTILIDADE, resistência a tração ou refinamento da estrutura granular) é chamado de tratamento térmico ou tratamento quente. Com relação aos aços o termo “tratamento térmico” tem um amplo significado e inclui processos como recozimento, normalização, endurecimento e têmpera.

No tratamento térmico de ligas de alumínio estão incluídos apenas dois processos: (1) o processo de endurecimento, e (2) o processo de amaciamento. O processo de endurecimento é chamado de tratamento térmico e o processo de amaciamento é chamado de recozimento. Os metais das aeronaves estão sujeitos tanto ao choque como a fadiga (vibracional). A fadiga ocorre em materiais que estão expostos a constantes reversões de carga ou a cargas repetidamente aplica-

das, se o limite de fadiga for alcançado ou excedido. A vibração repetida ou curvamento podem, em último caso, provocar uma fissura muito pequena em um ponto mais fraco. Com as vibrações e curvamentos contínuos a fissura aumentará até que a peça se rompa totalmente. Este é o choque denominado de falha por fadiga. A resistência a esta condição é conhecida como resistência a fadiga ou choque. É essencial que os materiais utilizados em peças críticas sejam resistentes a estas pressões.

O tratamento térmico é uma série de operações envolvendo o aquecimento e resfriamento dos metais em seu estado sólido. Seu propósito é alterar as propriedades mecânicas para que o metal seja mais útil, aproveitável e seguro para um determinado propósito. Pelo tratamento térmico um metal pode ser tornar mais duro, forte e resistente ao impacto. O tratamento térmico também pode tornar o metal mais macio e dútil. Uma única operação de tratamento térmico não pode produzir todas estas características. Na verdade, algumas propriedades algumas vezes são melhoradas as custas de outras. Por exemplo, endurecendo-se o metal ele se torna mais quebradiço.

Os diversos processos de tratamento térmico tem como similaridade o fato de aquecerem e resfriarem os metais. Eles diferem, contudo, nas temperaturas as quais os metais são aquecidos, a taxa de resfriamento e no resultado final.

As formas mais comuns de tratamento térmico em metais ferrosos são o endurecimento, têmpera, normalização, recozimento e cementação. A maioria dos metais não ferrosos pode ser recozido e muitos podem ser endurecidos pelo tratamento térmico. Contudo, existe apenas um metal não ferroso, o titânio, que pode ser cementado, e nenhum deles pode ser temperado ou normalizado.

Estrutura Interna dos Metais

Os resultados obtidos pelo tratamento térmico dependem, em grande parte, da estrutura do metal e da maneira pela qual a estrutura muda quando o metal é aquecido ou resfriado. Um metal puro não pode ser endurecidos por tratamento térmico porque há pouca mudança em sua estrutura quando aquecida. Por outro lado, a maioria das ligas responde ao tratamento térmico desde que suas estruturas se alterem com o aquecimento ou resfriamento.

Uma liga pode estar na forma de uma solução sólida,

uma mistura mecânica, ou a combinação de uma solução sólida e um mistura mecânica. Quando uma liga está na forma de uma solução sólida os elementos e componentes que formar a liga são absorvidos, um dentro do outro, mais ou menos da maneira em que o sal é dissolvido em um copo de água, e os constituintes não podem ser identificados nem mesmo com a ajuda de um microscópio.

Quando dois ou mais elementos ou compostos são misturas e podem ser identificados por um exame de microscópio. Uma mistura mecânica pode ser comparada com a mistura de areia e brita no concreto. Tanto a areia como a brita estão visíveis. Assim como eles apenas estão unidas pelo cimento os outros constituintes de uma liga estão incorporados na matriz formada pelo metal base.

Uma liga na forma de uma mistura mecânica em temperatura ambiente pode mudar para uma solução sólida quando aquecida. Quando resfriado de volta para a temperatura normal a liga pode retornar a sua estrutura original. Por outro lado, ela pode permanecer como solução sólida ou formar uma combinação de solução sólida e mistura mecânica. Uma liga que consiste na combinação de uma solução sólida e mistura mecânica em temperaturas normais pode mudar para 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

O sucesso do tratamento térmico requer controle de todos os fatores que afetam o aquecimento e o resfriamento dos metais. Tal controle é possível apenas quando o equipamento adequado estiver disponível e for selecionado para determinado trabalho. Assim, o forno deve ser do tamanho e tipo adequados e deve ser controlado para que as temperaturas sejam mantidas dentro dos limites prescritos para cada operação. Até mesmo a atmosfera dentro do forno afeta as condições da peça que está sendo tratada termicamente. Além disso, o equipamento de QUENCHING e o QUENCHING MEDIUM devem ser selecionados para se ajustar ao metal que está sendo tratado. Finalmente, deve haver equipamentos para manusear as peças e materiais, para limpar os metais e para STRAIGHTENING PARTS.

Fornos e Banhos de Sal

Existem muitos tipos e tamanhos diferentes de fornos utilizados no tratamento térmico. Como regra geral, os

fornos são projetados para operar em determinadas faixas de temperaturas e a tentativa de utilizá-los em faixas diferentes pode resultar em trabalho de qualidade inferior.

Além disso, utilizar o forno além da sua temperatura máxima encurta a vida útil do forno e pode ser dispendioso em termos de tempo e dinheiro.

Fornos movidos a combustível (gás ou óleo) demandam ar para a combustão correta, sendo necessário um compressor de ar ou soprador. Estes fornos são normalmente do tipo MUFFLER, onde a combustão acontece do lado de fora e ao redor da câmara na qual o trabalho está posicionado. Se um MUFFLER aberto é utilizado o forno deve ser projetado para evitar-se o impacto direto das chamas no trabalho.

Em fornos aquecidos por eletricidade os elementos de aquecimento normalmente tem a forma de resistências. Um bom projeto requer a incorporação de elementos adicionais de aquecimento em locais onde espera-se uma maior perda calórica. Tais fornos operam em temperaturas máximas de aproximadamente 2.000°F. Fornos que operam em temperaturas de aproximadamente 2.500°F normalmente empregam barras de resistores sinterizados.

Medidas de Temperatura e Controle

A temperatura em um forno de tratamento térmico é medida por um instrumento termoeletrico conhecido como pirômetro. Este instrumento mede o efeito elétrico de um par termoeletrico (termopar), e assim a temperatura do metal que está sendo tratado. Um pirômetro completo consiste de três partes – o par termoeletrico, os cabos de extensão e o medidor.

Fornos destinados primariamente a tempera podem ser aquecidos por gás ou eletricidade e mais frequentemente equipados com um ventilador para fazer circular o ar quente.

Banhos de sal estão disponíveis tanto para operações de tempera como de endurecimento. Dependendo da composição do banho de sal, o aquecimento pode ser conduzido a temperaturas baixas como 325°F ou altas como 2.450°F. Banhos de chumbo podem ser usados na variação de temperatura de 650°F até 1.700°F. A taxa de aquecimento em banhos de sal ou chumbo é muito mais rápida nos fornos.

Os fornos de tratamento térmico diferem em tamanho, formato, capacidade, construção, operação e controle. Eles podem ser circulares ou retangulares e podem

estar apoiados em pedestais ou diretamente no chão. Existem também fornos do tipo enterrado no chão. Quando um metal deve ser aquecido em um banho de sal ou chumbo derretido o forno deve conter um cadinho para o banho derretido.

O tamanho e capacidade de um forno para tratamento térmico dependem da intenção de uso. Um forno deve ser capaz de aquecer rápida e uniformemente, não importando qual a temperatura máxima ou a massa de carga. Um forno deve ter o espaço para trabalho, o seu coração, de aproximadamente duas vezes mais longo e três vezes mais largo do que qualquer peça que nele será aquecido.

A medida correta da temperatura é essencial para um bom tratamento térmico. O método tradicional é através dos pares termoeletricos. Os pares de bases de metal mais comuns são o cobre-constantan (até aproximadamente 700°F), ferro-constantan (até aproximadamente 1.400°F) e cromel-alumel (até aproximadamente 2.200°F). A dupla de metais nobres mais comuns (que podem ser usados até aproximadamente 2.800°F) são a platina em uma liga de 87 por cento de platina e 13 por cento de ródio ou outra liga de 90 por cento de platina e 10 por cento de ródio. As temperaturas mencionadas são para operação contínua.

A vida dos pares termoeletricos é afetada pela temperatura máxima (que muito frequentemente excede os valores dados anteriormente) e pela atmosfera do forno. O ferro-constantan é mais apropriado para uso em uma atmosfera redutora e o cromo-alumel em uma atmosfera oxidante. Os termopares são normalmente encapsulados com material cerâmico, e fechados em suas extremidades mais quentes, para protegê-los dos gases do forno. É necessário conectá-los a um instrumento, como um milivoltímetro ou potenciômetro, para medir a força eletromotora gerada pelo termopar. Para um controle exato posicione a junção quente do termopar o mais próximo possível do trabalho. O uso de um controlador automático é valioso para o controle de temperatura no valor desejado.

Os pirômetros podem ter medidores tanto do tipo indicador como o de registro. Os pirômetros indicadores dão leitura direta da temperatura do forno. Os do tipo de registro fazem um registro permanente das variações de temperatura durante a operação de aquecimento, através de uma caneta ligada a um braço que traça uma linha em um quadro de temperaturas.

As instalações dos pirômetros, em todos os fornos modernos, regulam automaticamente a temperatura

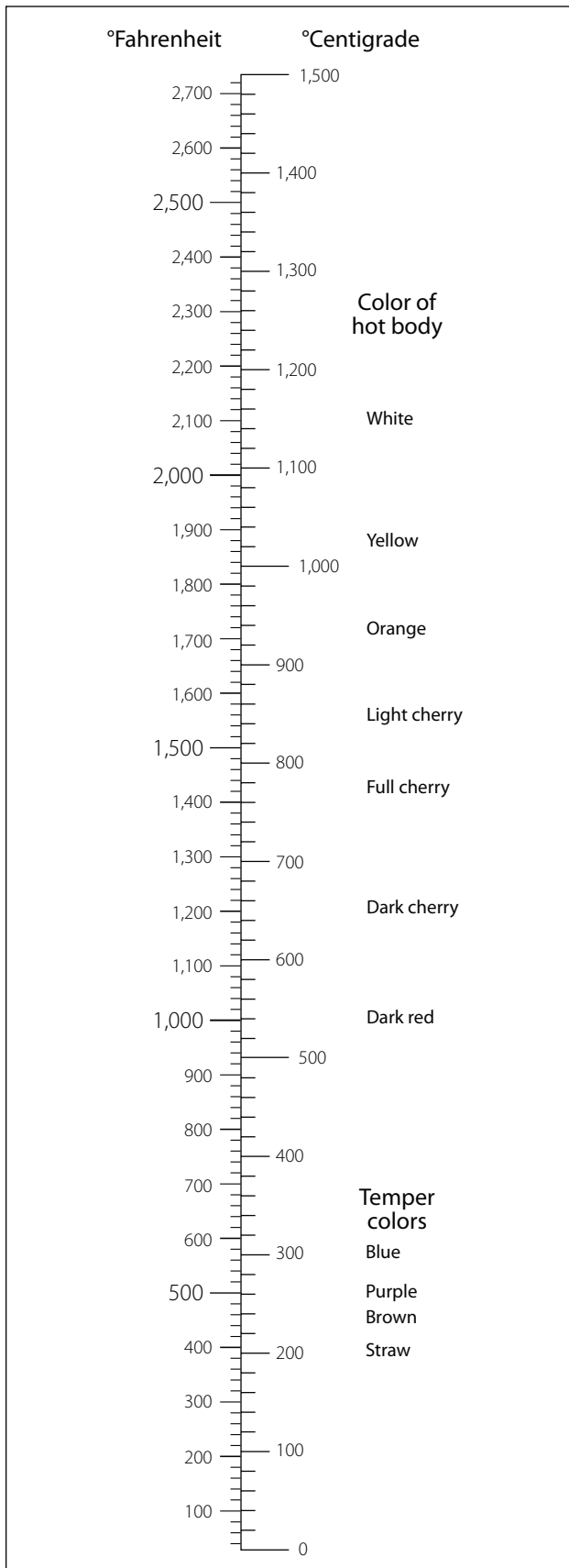


Figura 5-5.

a qualquer ajuste desejado. Instrumentos desse tipo são chamados de pirômetros com potenciômetros de controle. Eles incluem um regulador de corrente um mecanismo de operação, como um relé.

Aquecimento

O objetivo do aquecimento é transformar a perlita (uma mistura de tiras de ferrite e carboneto de ferro em um único grão) em austenita enquanto o aço é aquecido até a temperatura crítica. Como esta transição demanda tempo deve-se utilizar uma taxa de aquecimento relativamente baixa. Comumente, o aço frio é inserido quando a temperatura no forno está entre 300°F e 500°F abaixo da temperatura de endurecimento. Desta forma evita-se um aquecimento rápido demais.

Se o equipamento de medição de temperatura não estiver disponível é necessário estimar a temperatura de alguma outra forma. Uma forma barata e bastante precisa é usar giz de cera, PELLETS ou tintas que derretam em várias temperaturas dentro da faixa de 125°F até 1.600°F. O métodos menos preciso de estimativa da temperatura é pela observação da cor do coração quente do forno ou do trabalho. As cores aquecidas observadas são afetadas por muitos fatores, tais como as condições da luz natural e artificial, o caráter da escala do trabalho, e assim por diante. O aço começa a ficar vermelho fosco em aproximadamente 1.000°F e com o aumento da temperatura a cor vai mudando gradualmente em várias tonalidades do vermelho ao laranja, amarelo e finalmente branco. Uma estimativa da correspondência entre cor e temperatura é indicada na Figura 5-5.

Também é possível se ter uma ideia da temperatura em um pedaço de carbono ou liga de baixo teor de carbono, na temperatura baixa usada para têmpera, a partir da cor do fina película de óxido que se forma na superfície limpa do aço quando aquecida nesta faixa de temperatura. A relação aproximada de cor e temperatura é indicada na parte mais baixa da Figura 5-5.

Muitas vezes é necessário ou desejável proteger o aço ou ferro fundido da oxidação na superfície (SCALING) e perda de carbono das camadas superficiais (descarbonetação). Fornos comerciais normalmente são equipados com alguns meios para controle da atmosfera. Normalmente é na forma de um queimador para quantidades controladas de gás e ar e dire-

Steel No.	Temperatures			Quenching medium (n)	Tempering (drawing) temperature for tensile strength (psi)				
	Normalizing air cool (°F)	Annealing (°F)	Hardening (°F)		100,000 (°F)	125,000 (°F)	150,000 (°F)	180,000 (°F)	200,000 (°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	1,525–1,625	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	1,550–1,550	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	925	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 (j)	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)	—	—	—	—
Corrosion resisting (16-2)(1)	—	—	—	—	(m)	—	—	—	—
Silicon Chromium (for springs)	—	—	1,700–1,725	Oil	—	—	—	—	—

Figura 5-6.

Notes:

- (a) Draw at 1,150°F for tensile strength of 70,000 psi.
- (b) For spring temper draw at 800–900°F. Rockwell hardness C-40–45.
- (c) Bars or forgings may be quenched in water from 1,500–1,600°F.
- (d) Air cooling from the normalizing temperature will produce a tensile strength of approximately 90,000 psi.
- (e) For spring temper draw at 850–950°F. Rockwell hardness C-40–45.
- (f) Draw at 350–450°F to remove quenching strains. Rockwell hardness C-60–65.
- (g) Anneal at 1,600–1,700°F to remove residual stresses due to welding or cold work. May be applied only to steel containing titanium or columbium.
- (h) Anneal at 1,900–2,100°F to produce maximum softness and corrosion resistance. Cool in air or quench in water.
- (i) Harden by cold work only.
- (j) Lower side of range for sheet 0.06 inch and under. Middle of range for sheet and wire 0.125 inch. Upper side of range for forgings.
- (k) Not recommended for intermediate tensile strengths because of low impact.
- (l) AN-QQ-S-770 — It is recommended that, prior to tempering, corrosion-resisting (16 Cr-2 Ni) steel be quenched in oil from a temperature of 1,875–1,900°F, after a soaking period of 30 minutes at this temperature. To obtain a tensile strength at 115,000 psi, the tempering temperature should be approximately 525°F. A holding time at these temperatures of about 2 hours is recommended. Tempering temperatures between 700°F and 1,100°F will not be approved.
- (m) Draw at approximately 800°F and cool in air for Rockwell hardness of C-50.
- (n) Water used for quenching shall be within the temperature range of 80–150°F.

Figura 5-6.

cionando os produtos da combustão para dentro do MUFFLE do forno. Vapor de água, um produto desta combustão, é prejudicial e muitos fornos estão equipados com meios para que eles sejam eliminados. Para os fornos não equipados com controle de atmosfera existem uma variedade de geradores externos de atmosfera disponíveis. Se não existir nenhum método de controle de atmosfera disponível deve-se assegurar algum nível de proteção cobrindo-se o trabalho com CAST IRON BORINGS ou CHIPS.

Se o trabalho estiver rodeado por um banho de sal ou chumbo o problema de se prevenir SCALING ou des-carbonetação é simplificado.

Fornos de vácuo também são utilizados para o recozimento do aço, especialmente quando uma superfície brilhante não oxidada é a principal consideração.

Imersão

A temperatura de um forno deve ser mantida constante durante o período de imersão, porque é durante este período que acontece a reorganização da estrutura interna do aço. As temperaturas de imersão, para diversos tipos de aço, são especificadas em intervalos varia dos de 100°F. [Figura 5-6] Peças pequenas são imersas na parte inferior do intervalo específico e as peças pesadas na parte superior do mesmo. O tempo do período de imersão depende do tipo de aço e do tamanho da peça. Naturalmente, peças mais pesadas precisam de mais tempo de imersão para garantir um aquecimento igual por toda peça. Como regra geral o período de imersão entre 30 minutos e uma hora é o suficiente para uma operação média de tratamento térmico.

Resfriamento

A taxa de resfriamento determina a forma que o aço irá reter. Várias taxas de resfriamento são utilizadas para se chegar aos resultados desejados. O ar ambiente é um meio de resfriamento lento, mas é muito mais rápido do que o resfriamento no forno. Os líquidos são o meio mais rápido de resfriamento e assim são utilizados para o endurecimento do aço.

Existem três meios líquidos mais usados – salmoura, água e óleo. A salmoura é o meio líquido mais rápido, sendo seguida pela água e por último o óleo. Geralmente um banho de óleo é utilizado para ligas de aço, e salmoura ou água para aços carbono.

Banhos

As soluções de banho agem apenas pela sua habilidade de resfriar o aço. Elas não têm ações químicas benéficas sobre o aço que está no banho e não transmitem propriedades incomuns. A maioria das exigências para o banho são atingidas satisfatoriamente pela água ou solução aquosa de sais inorgânicos, tais como sal de mesa ou soda cáustica, ou por algum tipo de óleo. A taxa de resfriamento é relativamente rápida durante o banho em salmoura, um pouco menos na água e lenta no óleo.

A salmoura normalmente é feita de 5 a 10 por cento de solução de sal (cloreto de sódio) na água. Além da sua maior velocidade de resfriamento a salmoura tem a habilidade de remover a carepa do aço durante o banho. A habilidade de resfriamento tanto da salmoura quanto da água, principalmente da água, é consideravelmente afetada por sua temperatura. Ambas devem ser mantidas frias, bem abaixo dos 60°F. Se o volume do aço que está no banho causar um aumento de tem-

peratura do banho coloque gelo ou utilize outro meio de refrigeração para refrescá-lo.

Existem muitos tipos de óleo especialmente preparados para banho no mercado. Suas taxas de resfriamento não variam muito. Um óleo mineral com viscosidade Saybolt de 100 e a 100°F é geralmente utilizado. Diferente da salmoura e da água, os óleos tem velocidade de resfriamento mais rápida em temperaturas levemente elevadas – aproximadamente entre 100 a 140°F – porque sua viscosidade diminui nestas temperaturas.

Quando o aço está em um banho o líquido em contato imediato com a superfície quente vaporiza. Este vapor reduz significativamente a absorção de calor. Uma agitação vigorosa do aço ou o uso de um pulverizador é necessário para expulsar estes filmes de vapor e permitir a taxa de resfriamento desejada.

A tendência do aço de se deformar ou rachar durante o banho é difícil de superar porque certas partes do artigo refrescam mais rapidamente do que outras. As seguintes recomendações reduzirão de forma acentuada esta tendência de deformação.

1. Nunca jogue uma peça em um banho. Permitindo que ela se deposite no fundo do banho haverá a tendência que ela resfrie mais rapidamente no lado superior do que no inferior, e assim causando deformações e rachaduras.
2. Agite a peça levemente para destruir a camada de vapor que pode evitar com que ela resfrie de forma uniforme e rápida. Isso permite que o banho dissipe seu calor na atmosfera.
3. Peças de formato irregular devem ser imersas no banho de tal forma que as partes mais pesadas entrem primeiro.

Equipamento de Banho

O tanque do banho deve ter o tamanho apropriado para acomodar o material. Utilize bombas de circulação e resfriadores para manter as temperaturas constantes quando estiver trabalhando com um grande número de peças. Para evitar o acúmulo de uma grande concentração saís no tanque do banho adicione água fresca ao tanque.

A localização do tanque em relação ao forno do tratamento térmico é muito importante. Coloque o tanque em um local que permita uma transferência rápida da peça do forno ao banho. Uma demora de pouco mais

de alguns segundos poderá, em muitas circunstâncias, ser prejudicial a eficácia ao tratamento térmico. Quanto estiver tratando termicamente materiais de seção fina, utilize GUARD SHEETS para retardar a perda de calor durante a transferência para o tanque de banho. Tenha um tanque de lavagem adicional para remover todo o sal do material aos o banho, caso o sal não tenha sido removido adequadamente.

Tratamento Térmico de Metais Ferrosos

A primeira consideração importante sobre o tratamento térmico de peças de aço é saber a composição química. Isto determina o ponto crítico superior. Quando este for conhecido a próxima consideração é a taxa de aquecimento e resfriamento a ser usada. A realização destas operações envolve o uso de fornos de aquecimento uniformes, controles de temperatura adequados e banhos apropriados.

Comportamento do Aço Durante Aquecimento e Resfriamento.

A mudança da estrutura interna de um metal ferroso é realizada pelo aquecimento da temperatura acima do seu ponto crítico superior, manter nesta temperatura por tempo suficiente para permitir que determinadas mudanças internas ocorram, e que resfrie em temperatura atmosférica sob condições controladas e pré-determinadas.

Em temperatura normal o carbono existente no aço está na forma de partículas de carboneto de ferro espalhadas pela matriz do ferro conhecida como “ferrite.” A quantidade, tamanho e distribuição destas partículas determina a dureza do aço. Em temperaturas elevadas o carbono é dissolvido na matriz do ferro na forma de uma solução sólida chamada de “austenita”, e as partículas de carboneto aparecem apenas depois que o aço esfria. Se o esfriamento for lento, as partículas de carboneto são relativamente grosseiras e poucas. Nesta condição o aço é macio. Se o resfriamento for rápido, pelo banho em óleo ou água, o carbono se precipita na forma de uma nuvem muito fina de partículas de carboneto, e o aço é duro. O fato que as partículas de carboneto possam ser dissolvidas em austenita é a base do tratamento térmico do aço. A temperatura na qual esta transformação acontece é chamada de ponto crítico e varia com a composição do aço. O percentual de carbono no aço tem a maior influência nos pontos críticos do tratamento térmico.

Endurecimento

Ferro puro, ferro forjado, e aços com carbono extremamente baixos não podem ser consideravelmente endurecidos pelo tratamento térmico, tendo em vista que não contem elementos endurecedores. O ferro fundido pode ser endurecido, mas seu tratamento térmico é limitado. Quando o ferro fundido é resfriado rapidamente forma-se o ferro branco, que é duro e quebradiço. Quando resfriado lentamente, forma o ferro cinza, que é macio mais quebradiço sob impacto.

No aço carbono simples o máximo de dureza depende quase que totalmente do conteúdo de carbono no aço. Com o aumento do conteúdo de carbono a habilidade do aço de endurecer aumenta. Contudo, este aumento na habilidade de endurecimento com um aumento no conteúdo de carbono vai só até certo ponto. Na prática, este ponto é de 0,85 por cento de conteúdo de carbono. Quando o conteúdo de carbono passa deste ponto não há aumento na resistência ao desgaste.

Para a maioria dos aços o tratamento de endurecimento consiste em aquecer o aço a uma temperatura um pouco acima do ponto crítico, mantendo-a por o tempo necessário, e então resfriando-o rapidamente pela imersão do aço quente em óleo, água ou salmoura. Embora a maioria dos aços deva ser resfriada rapidamente para que o endurecimento aconteça, uns poucos podem ser resfriados no ar. O endurecimento aumenta a dureza e resistência do aço, mas torna-o menos maleável.

Quando se endurece o aço carbono este deve ser resfriado abaixo de 1.000°F em menos de 1 segundo. Se o tempo necessário para a queda da temperatura a 1.000°F passar de 1 segundo a austenita começa a se transformar em uma fina perlita. Esta perlita varia em dureza mas é muito mais dura que a perlita formada pelo recozimento e muito mais macia que a martensita desejada.

Quando ligas são adicionadas ao aço o tempo limite para a queda da temperatura a 1.000°F aumenta acima do limite de 1 segundo para os aços carbono. Assim, um banho mais lento irá endurecer as ligas de aço.

Por causa da grande pressão interna causada pelo banho, o aço deve ser temperado até um pouco antes de ficar frio. A peça deve ser retirada do banho a uma temperatura de aproximadamente 200°F, porque abaixo desta temperatura começam os riscos de rachadura. As temperaturas de endurecimento e os banhos para os vários tipos de aço estão listados na Figura 5-6.

Precauções no Endurecimento

São necessários diversas tenazes, de variadas formas e tamanhos, para se manusear o aço quente. Deve-se lembrar que o resfriamento da área que entra em contato com a tenaz é retardado e que estas áreas podem não endurecer, principalmente se o aço está sendo tratado para um endurecimento muito superficial. Peças pequenas podem ser presas, em conjunto, por arames, ou banhadas em cestas feitas de tela metálica.

Peças e acessórios especiais para banhos são usados pra segurar as peças de aço durante o mesmo, de forma a evitar distorção.

Quando estivermos realizando endurecimento seletivo, ou seja, desejarmos endurecer apenas uma parte de uma peça deve-se proteger o que não será endurecida deverá ser protegida com cimento alundum ou algum outro material isolante. O endurecimento seletivo também pode ser realizado pelo uso de jatos de água ou óleo, diretamente no banho, nas áreas que devem ser endurecidas. Isto também pode ser feito por aquecimento por indução ou endurecimento a chama, ambos descritos anteriormente, principalmente em produção de larga escala.

Os aços para endurecimento superficial, tais como aço carbono e algumas variedades de ligas têm uma taxa crítica de resfriamento tão alta que devem ser banhados em salmoura ou água para que o endurecimento aconteça. Em geral peças de seções com formatos complexos não devem ser feitas de aços de endurecimento superficial por causa da tendência destes aços de se deformar ou rachar durante o endurecimento. Este tipo de peça deve ser feito com aço de endurecimento mais profundo, capazes de ser endurecidos por banhos no óleo ou ao ar.

Têmpera

A têmpera reduz a fragilidade provocada pelo endurecimento e produz propriedades físicas definidas dentro do aço. A têmpera sempre vem após, nunca antes, da operação de endurecimento. Além de reduzir a fragilidade ela têmpera amacia o aço.

A têmpera sempre é feita em temperaturas abaixo do ponto crítico inferior do aço. Com relação a isso a têmpera difere do recozimento, normalização e endurecimento, pois todos estes requerem temperaturas acima do ponto crítico superior. Quando o aço en-

durecido é reaquecido a têmpera começa a 212°F e continua enquanto a temperatura aumenta em dire o ao ponto crítico inferior. Selecionando-se uma temperatura de têmpera definida podemos pr -determinar o resultado da dureza e da resistência. As temperaturas aproximadas para diversas resistências a traço estão listadas na Figura 5-6. O tempo mínimo de temperatura de têmpera deve ser de 1 hora. Se a peça tiver mais de 1 polegada de espessura aumente o tempo em uma hora para cada polegada adicional. Aços temperados utilizados em trabalhos em aeronaves tem resistência final a traço entre 125.0000 e 200.000 psi.

Geralmente a taxa de resfriamento da temperatura de têmpera não tem efeito na estrutura final. Sendo assim o aço   normalmente resfriado em temperatura ambiente após ser removido do forno.

Recozimento

O recozimento do aço produz um metal de granulac o fina, macio e flexível, sem tensões ou pressões internas. Em seu estado recozido o aço tem sua mais baixa resistência. Em geral, o recozimento   oposto ao endurecimento.

O recozimento do aço   realizado pelo aquecimento do metal um pouco acima do ponto crítico superior, de molho nesta temperatura, e resfriando muito lentamente no forno. (Consulte a Figura 5-6 para as temperaturas recomendadas) O tempo de banho   de aproximadamente 1 hora para cada polegada de espessura do material. Para se produzir a máxima maciez do aço o metal deve ser resfriado muito lentamente. O resfriamento lento   conseguido desligando-se o aquecimento e permitindo que o forno e o metal resfriem juntos até 900°F ou menos, e então se remove o metal do forno e ele termina de resfriar em temperatura ambiente. Outro método   enterrar o aço aquecido em cinzas, areia, ou outro substância que não conduza o calor rapidamente.

Normaliza o

A normaliza o do aço remove a tensão interna criada pelo tratamento térmico, soldagem, fundi o, conforma o ou usinagem. Se a tensão não for controlada acontecerão falhas. Por causa das suas melhores propriedades físicas, o aço das aeronaves   frequentemente utilizado em seu estado normalizado, mas raramente em seu estado recozido.

Um dos usos mais importantes da normaliza o no trabalho em aeronaves   na soldagem de peças. A sol-

dagem produz tensão nos materiais adjacentes. Além disso, a solda, por si só,   uma estrutura fundida oposta as estruturas restantes, que são forjadas. Estes dois tipos de estruturas tem tamanhos diferentes de gr os, e refinar o grão, assim como liberar as tensões internas de todas as partes soldadas deve ser feito pela normaliza o após a fabrica o.

A normaliza o   realizada aquecendo-se o aço acima do ponto crítico superior e resfriando-o em temperatura ambiente. Como o resfriamento em temperatura ambiente   mais rápido do que aquele no forno, o primeiro resulta em um material mais duro e resistente do que o obtido no recozimento. As temperaturas recomendadas de normaliza o, para os diversos tipos de aços utilizados em aeronaves, estão listadas na Figura 5-6.

Cementa o

A cementa o produz uma superfície resistente ao desgaste sobre um núcleo duro. A cementa o   ideal para peças que exigem uma superfície resistente ao desgaste e, ao mesmo tempo, deve ser duras o suficiente na parte interna, para suportar as cargas aplicadas. Os aços mais apropriados para a cementa o são os aços de baixo carbono e suas ligas. Se um aço de alto carbono   cementado a dureza penetra no centro e o torna quebradiço. Na cementa o a superfície do metal   quimicamente modificada pela introdu o de conteúdo de alto carboneto ou nitreto. O núcleo não   afetado quimicamente.

Quando passa por tratamento térmico a superfície responde ao endurecimento enquanto que o núcleo enrijece. As formas comuns de cementa o são: *carboneta o*, *cianeta o* e *nitreta o*. Como a cianeta o não   utilizada no trabalho em aeronave apenas a carboneta o e a nitreta o serão discutidas nesta se o.

Carboneta o

A carboneta o   um processo de cementa o na qual carbono   adicionado na superfície de uma aço com baixo carbono. Assim, um aço carbonetado tem alto teor de carbono na superfície e baixo teor de carbono no interior. Quando o aço carbonetado   tratado térmicamente a superfície   endurecida enquanto que o núcleo permanece macio e resistente.

Um método comum de carboneta o   chamado de "Pack carburizing". Quando a carboneta o   feita por este método as peças de aço são acondicionadas em um recipiente com carvão ou algum outro material

rico em carbono. O recipiente é lacrado com argila refratária, colocado em um forno e aquecido a aproximadamente 1.700°F, e mantido nesta temperatura por várias horas. Enquanto a temperatura aumenta forma-se gás de monóxido de carbono dentro do recipiente e, não tendo como escapar, combina-se com o ferro gama na superfície do aço. A profundidade na qual o carbono penetra depende do tempo em que a peça é mantida no forno nesta temperatura. Por exemplo, quando o aço carbono é mantido no forno por 8 horas o carbono penetra a uma profundidade de aproximadamente 0,062 polegadas.

Em outro método de carbonetação, chamado “carbonetação a gás” um material rico em carbono é introduzido na atmosfera do forno. A atmosfera de carbonetação é produzida pelo uso de vários gases ou pela queima de óleo, madeira e outros materiais. Quando as peças de aço são aquecidas nesta atmosfera o monóxido de carbono se combina com o ferro gama e produz praticamente os mesmos resultados descritos no processo de “Pack carburizing”.

Um terceiro método de carbonetação é a “carbonetação líquida”. Neste método o aço é colocado em um banho de sal derretido que contém produtos químicos necessários para produzir uma superfície comparável aquelas resultante da carbonetação a gás ou ao “Pack carburizing”

As ligas de aço com baixo teor de carbono, assim como os aços com baixo teor de carbono podem ser carbonetados por qualquer um destes três processos. Contudo, algumas ligas como as de níquel, tendem a retardar a absorção do carbono. Como resultado, o tempo necessário para se produzir uma determinada espessura na superfície da peça irá variar dependendo da composição do metal.

Nitretação

A nitretação é diferente de outros processos de cementação porque, antes da nitretação a peça é tratada termicamente para produzir determinadas propriedades físicas. Assim, as peças são endurecidas e temperadas antes de serem nitretadas. A maioria dos aços pode ser nitretada, mas os melhores resultados são conseguidos com ligas especiais. Estas ligas contêm alumínio e podem ser chamadas de “nitralloys”.

Na nitretação a peça é colocada em um forno especial para nitretação e aquecida a uma temperatura de aproximadamente 1.000°F. Com a peça nesta temperatura

o gás de amônia circula dentro de uma câmara de forno especialmente construída. A temperatura quebra o gás de amônia em nitrogênio e hidrogênio. A amônia que não é quebrada fica retida em um filtro de água em uma região abaixo dos outros dois gases. O nitrogênio reage com o ferro para formar o nitreto. O nitreto de ferro fica disperso em partículas minúsculas da superfície e penetra na peça. Uma penetração profunda depende do tempo do tratamento. Na nitretação períodos de permanência longos, como por exemplo 72 horas, são frequentemente necessários para se produzir a espessura desejada da superfície.

A nitretação pode ser realizada com um mínimo de distorção por causa das baixas temperaturas nas quais as peças são cementadas e porque não é necessária uma imersão para o resfriamento após a exposição ao gás de amônia.

Tratamento Térmico de Metais Não Ferrosos

Ligas de Alumínio

Na forma forjada o alumínio comercialmente puro é conhecido como 1100. Tem um alto grau de resistência a corrosão e facilmente modelado em formas complexas. Sua resistência é relativamente baixa e não tem as propriedades necessárias para partes estruturais das aeronaves. A alta resistência é normalmente obtida por um processo de formação de liga. As ligas resultantes não são conformadas tão facilmente e, com algumas exceções, tem menos resistência a corrosão que o alumínio 1100.

O processo de formação de liga não é o único método para o aumento da resistência do alumínio. Assim como outros materiais o alumínio torna-se mais resistente e duro quando laminado, modelado ou trabalhado a frio. Como a dureza depende da quantidade de trabalho a frio realizado, o 1100 e algumas ligas de alumínio forjado estão disponíveis em várias tensões de temperas endurecidas. A condição macia ou recozida é designada por O. Se o material é endurecido diz-se que está na condição H.

As ligas mais utilizadas na construção de aeronaves são endurecidas por tratamento térmico, e não por trabalho a frio. Estas ligas são designadas por um conjunto de símbolos diferentes: T4 e W indicam as tratadas termicamente em banhos e resfriam em imersão, mas não são envelhecidas, e T6 indica as ligas que são tratadas termicamente para a condição de endurecimento.

- W - termicamente tratado em banho, temperatura instável
- T - tratado para produzir temperaturas estáveis diferentes de F, O ou H
- T2 - recozido (apenas produtos fundidos)
- T3 - termicamente tratado em banho e então trabalhado a frio
- T4 - termicamente tratado em banho
- T5 - apenas envelhecido artificialmente
- T6 - termicamente tratado em banho e então artificialmente envelhecido
- T7 - termicamente tratado em banho e então estabilizado
- T8 - termicamente tratado em banho, trabalhado a frio e então envelhecido artificialmente.
- T9 - termicamente tratado em banho, envelhecido artificialmente e então trabalhado a frio
- T10 - envelhecido artificialmente e então trabalhado a frio

Dígitos adicionais podem ser acrescidos do T1 ao T10 para indicar uma variação no tratamento que altere significativamente as características do produto.

As chapas de ligas de alumínio são marcadas com o número da especificação em aproximadamente cada pé quadrado do material. Se por qualquer razão esta identificação não estiver no material é possível separar as ligas termicamente tratáveis das não termicamente tratáveis pela imersão de uma amostra do material em uma solução de 10 por cento de soda cáustica (hidróxido de sódio). As ligas quimicamente tratáveis ficarão pretas devido ao seu conteúdo de cobre, enquanto que as outras permanecerão brilhantes. No caso de metal folhado a superfície permanecerá brilhante mas aparecerá uma área escura no meio quando se olhar a borda.

Alumínio Alclad

Os termos “Alclad e Pureclad” são utilizados para designar as chapas feitas de um núcleo de liga de alumínio coberto com uma camada de alumínio puro a uma profundidade de aproximadamente 5 ½ por cento em cada lado. A cobertura de alumínio puro fornece uma proteção dupla para o núcleo, evitando contato com qualquer agente corrosivo e protegendo o núcleo eletroliticamente para evitar qualquer ataque causado por aranhões ou outras formas de abrasão.

Existem dois tipos de tratamentos térmicos aplicados as ligas de alumínio. Um é chamado de tratamento

térmico de solubilização e o outro é conhecido como tratamento térmico de precipitação. Algumas ligas, tais como 2017 e 2024 têm um desenvolvimento total de suas propriedades como resultado do tratamento térmico por solubilização seguido de aproximadamente 4 dias de envelhecimento em temperatura ambiente. Outras ligas, tais como 2014 e 7075 precisam de ambos os tratamentos térmicos.

As ligas que precisam do tratamento térmico por precipitação (envelhecimento artificial) para desenvolver toda sua resistência também envelhecem, até certo ponto, em temperatura ambiente. A taxa e quantidade do aumento de resistência dependem da liga. Algumas atingem seu máximo natural, resistência por envelhecimento em temperatura ambiente, em alguns dias, e são chamadas de temperatura -T3 ou -T4. Outras continuam a envelhecer sensivelmente durante um longo período de tempo.

Por causa do seu envelhecimento natural a designação -W é especificada apenas quando o período de envelhecimento é indicado, por exemplo 7075-W(1/2 hora). Assim, existe uma diferença considerável nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais recentemente tratados (-W) e dos temperados -T3 e -T4. O endurecimento por tratamento térmico de uma liga de alumínio consiste de 4 etapas distintas.

1. Aquecimento a uma temperatura pré-determinada.
2. Permanecimento nesta temperatura por um determinado período.
3. Resfriamento rápido por imersão até uma temperatura relativamente baixa.
4. Envelhecimento ou endurecimento por precipitação, tanto de forma espontânea em temperatura ambiente ou como resultado de um tratamento térmico em baixa temperatura.

Os três primeiros passos acima são conhecidos como tratamento térmico por solubilização, embora tenha se tornado prática comum chamar apenas de “tratamento térmico”. O endurecimento em temperatura ambiente é conhecido como envelhecimento natural, enquanto que o endurecimento feito em temperatura moderadas é chamado de envelhecimento artificial, ou tratamento térmico por precipitação.

Tratamento Térmico por Solubilização

Temperatura

A temperatura utilizada para o tratamento térmico por solubilização varia com as diferentes ligas e vai de 825°F até 980°F. Como regra elas devem ser controladas dentro de uma variação muito estreita ($\pm 10^\circ\text{F}$) para que as propriedades específicas sejam alcançadas.

Se a temperatura for baixa demais a resistência máxima não será obtida. Com temperaturas muito altas há o risco de se derreter os elementos da liga que derretem em baixas temperaturas e consequentemente reduzir as propriedades físicas da liga. Mesmo se o derretimento não ocorrer o uso de temperaturas mais altas que as recomendadas promove a descoloração e aumenta as tensões causadas pelo resfriamento.

Tempo de Permanência na Temperatura

O tempo de permanência na temperatura do tratamento térmico, é medido a partir do tempo que o metal mais frio atinge o limite mínimo da variação de temperatura desejada. O tempo de permanência varia dependendo da liga e da espessura, de 10 minutos para chapas finas até aproximadamente 12 horas para forjados pesados. Para as seções pesadas o tempo nominal de permanência na temperatura é de aproximadamente 1 hora para cada polegada de espessura transversal. [Figura 5-7]

Escolha o tempo de permanência mínimo necessário para desenvolver as propriedades físicas desejadas. O efeito de um tempo de permanência abreviado é óbvio. Um tempo de permanência excessivamente longo agrava a oxidação por altas temperaturas. Com material revestido (CLAD) o aquecimento prolongado resulta em excessiva difusão do cobre e outros constituintes solúveis na camada de revestimento o que pode anular o propósito do revestimento.

Thickness (inch)	Time (minutes)
Up to .032	30
.032 to $\frac{1}{8}$	30
$\frac{1}{8}$ to $\frac{1}{4}$	40
Over $\frac{1}{4}$	60

Figura 5-7.

Resfriamento

Após os constituintes solúveis estarem sólidos, o material é resfriado para evitar ou retardar a reprecipitação imediata. Existem três métodos diferentes para o resfriamento. O método a ser usado depende da peça, da liga, e das propriedades desejadas.

Resfriamento em Água Fria

As peças produzidas a partir de placas, extrusão, tubos, forjados pequenos e materiais similares são geralmente resfriados em um banho de água fria. A temperatura da água antes do banho não deve passar de 85°F.

O uso de quantidade suficiente de água mantém o aumento de temperatura da mesma abaixo dos 20°F. Um resfriamento drástico como esse assegura máxima resistência a corrosão. Isto é bastante importante quando se trabalha com ligas como 2017, 2024 e 7075. É por esta razão que se prefere um resfriamento drástico, mesmo que um resfriamento mais lento possa produzir propriedades mecânicas desejáveis.

Resfriamento na Água Quente

Forjados grandes e seções pesadas podem ser resfriados na água quente ou fervente. Este tipo de resfriamento minimiza a distorção e alivia as rachaduras que podem ser produzidas pelas temperaturas desiguais durante o resfriamento. O uso do resfriamento em água quente é permitido com estas peças porque a temperatura da água do resfriamento não afeta criticamente a resistência a corrosão das ligas forjadas. Além disso, a resistência a corrosão, das seções pesadas, não é um fator crítico como nas seções leves.

Resfriamento por Pulverização

A pulverização com água em alta velocidade é útil para peças formadas por chapas laminadas e para seções grandes de quase todas as ligas. Este tipo de resfriamento também minimiza a distorção e alivia as rachaduras do resfriamento. Contudo, muitas especificações proíbem o uso de pulverização para chapas desprotegidas de 2017 e 2024 porque podem prejudicar sua resistência a corrosão.

Intervalo Entre a Retirada do Forno e o Resfriamento.

O intervalo de tempo entre a remoção do material do forno e o resfriamento é crítico para algumas ligas deve

ser mínimo. Quando chapas de 2017 e 2024 são tratadas termicamente por solubilização o tempo decorrido não deve passar de 10 segundos. O tempo permissível para seções pesadas pode ser um pouco maior.

Permitir que a temperatura do material reduza um pouco antes do resfriamento promove a reprecipitação da solução sólida. A precipitação ocorre em torno dos grãos e em certos planos causando má formação. No caso das ligas de 2017, 2024 e 7075 sua resistência para corrosão intergranular é afetada adversamente.

Tratamento de Reaquecimento

O tratamento do material que foi previamente tratado termicamente é considerado um tratamento de reaquecimento. As ligas não revestidas tratáveis termicamente podem ser tratadas por solubilização repetidamente sem efeitos negativos.

O número de tratamentos térmicos por solubilização permitidos para chapas revestidas é limitado devido ao aumento de difusão do núcleo e do revestimento em cada reaquecimento. Especificações existentes permitem de um a três tratamentos de reaquecimento de chapas revestidas, dependendo da espessura do revestimento.

Alinhamento Após Tratamento Térmico Por Solubilização

Algum empenamento ocorre durante o tratamento por solubilização, produzindo dobras, saliências, ondulações e torções. Estas imperfeições são geralmente removidas por operações de alinhamento e desempenamento.

Como as operações de alinhamento produzem um aumento considerável na resistência a tração e leve diminuição no percentual de alongamento, o material é chamado de têmpera -T3. Quando os valores acima não são afetados materialmente, o material é chamado de têmpera -T4.

Tratamento por Precipitação

Conforme afirmado anteriormente as ligas de alumínio estão em estado comparativamente macio imediatamente após o resfriamento de uma temperatura de tratamento térmico por solução. Para se obter sua máxima resistência eles podem envelhecer naturalmente ou ser envelhecidos por precipitação.

Durante esta operação de endurecimento e alinhamento acontece a precipitação dos constituintes solúveis das soluções sólidas supersaturadas. Com a progressão da precipitação a resistência do material aumenta, frequentemente por uma série de picos, até que o máximo seja alcançado. Um sobre-envelhecimento (ove-

raging) provoca um constante declínio da resistência até que se obtenha uma condição um pouco estável. As partículas submicroscópicas que são precipitadas proporcionam as aberturas ou bloqueios dentro da estrutura de grãos, e entre os grãos, para resistir ao deslizamento interno e distorção quando uma carga de qualquer tipo for aplicada. Desta forma, a resistência e a dureza da liga aumentam.

O endurecimento por precipitação produz um grande aumento na dureza e na resistência do material com o correspondente decréscimo das propriedades de maleabilidade. O processo utilizado para se obter o aumento desejado na resistência é conhecido como envelhecimento, ou endurecimento por precipitação. O alinhamento das ligas termicamente tratáveis por envelhecimento não se deve unicamente a presença de um precipitado. A resistência deve-se tanto a distribuição uniforme de um precipitado submicroscópico finamente disperso como aos efeitos sobre a estrutura cristalina da liga.

As práticas de envelhecimento utilizadas dependem de muitas propriedades além da resistência. Como regra, as ligas artificialmente envelhecidas são ligeiramente sobre-envelhecidas para aumentar sua resistência a corrosão. Isto vale principalmente com as ligas com elevado teor de cobre, artificialmente envelhecidas, que são suscetíveis a corrosão intragranular, quando o envelhecimento não é feito da forma adequada.

As ligas de alumínio termicamente tratáveis são subdivididas em duas classes: aquelas que adquirem sua resistência máxima em temperatura ambiente e aquelas que requerem envelhecimento artificial.

As ligas que adquirem sua resistência máxima após 4 ou 5 dias em temperatura ambiente são conhecidas como ligas de envelhecimento natural. A precipitação das soluções sólidas supersaturadas começa logo após o resfriamento, com geralmente 90 por cento da resistência máxima sendo obtida em 24 horas. As ligas 2017 e 2024 são ligas de envelhecimento natural. As ligas que exigem tratamento térmico por precipitação para desenvolver sua resistência máxima são ligas envelhecidas artificialmente. Contudo, estas ligas também envelhecem uma determinada quantidade em temperatura ambiente, sendo que a extensão e taxa de resistência dependem das ligas.

Muitas das ligas artificialmente envelhecidas alcançam sua resistência máxima por envelhecimento má-

ximo natural, ou à temperatura ambiente, após alguns dias. Elas podem ser estocadas para fabricação em têmpera –T3 e –T4. Ligas com alto teor de zinco, tais como 7075, continuam a envelhecer de forma considerável durante um longo período de tempo, sendo que as mudanças em suas propriedades mecânicas são o suficiente para reduzir sua formabilidade.

A vantagem da formabilidade da têmpera –W pode ser utilizada, contudo, da mesma maneira que as ligas envelhecidas naturalmente, ou seja, fabricando-a logo após o tratamento térmico por solubilização, ou conservando a formabilidade pelo uso da refrigeração.

A refrigeração retarda a taxa de envelhecimento natural. O processo de envelhecimento pode ser retardado por muitas horas em uma temperatura de 32°F, enquanto que o gelo seco (de -50°F até -100°F) retarda o envelhecimento para um maior período de tempo.

Práticas de Precipitação

As temperaturas utilizadas para o endurecimento por precipitação dependem da liga e das propriedades desejadas, variando de 250°F até 375°F. Elas devem ser controladas dentro de uma faixa bem restrita ($\pm 5^\circ\text{F}$) para que os melhores resultados sejam obtidos. [Figura 5-8]

O tempo a uma determinada temperatura depende da temperatura utilizada, das propriedades desejadas, e da liga. Varia entre 8 até 96 horas. Aumentando-se a temperatura de envelhecimento diminui-se o tempo necessário para o envelhecimento adequado. Contudo, um controle mais próximo tanto do tempo como da temperatura é necessário quando altas temperaturas forem utilizadas.

Após o tratamento térmico por precipitação o material

deve ser resfriado ao em, em temperatura ambiente. O resfriamento na água, embora não seja necessário, não produz efeitos negativos. O resfriamento no forno tem uma tendência de causar sobre-envelhecimento.

Recozimento de Ligas de Alumínio

O procedimento de recozimento para ligas de alumínio consiste de aquecer as ligas em uma temperatura elevada, manter nesta temperatura por um determinado período de tempo, dependendo da massa do metal, e então resfriar ao ar. O recozimento deixa o metal nas melhores condições para o trabalho a frio. Contudo, quando operações de conformação estiverem envolvidas o metal tomara uma condição conhecida como “dureza mecânica” e será capaz de resistir a mais trabalho. Pode ser necessário recozer uma peça diversas vezes durante o processo de conformação para evitar rachaduras. Ligas de alumínio não devem ser usadas no estado recozido em peças ou FITTINGS.

Peças revestidas devem ser aquecidas o mais rápido e cuidadosamente possível, porque a longa exposição ao calor tendo a fazer com que alguns constituintes do núcleo se espalhem no revestimento. Isto irá reduzir a resistência a corrosão do revestimento.

Tratamento Térmico de Rebites de Liga de Alumínio

Os rebites de ligas de alumínio são produzidos nas seguintes composições: ligas 1100, 5056, 2117, 2017 e 2024.

Os rebites da ligas 1100 são utilizados como vêm de fábrica para as chapas de liga de alumínio de rebiteagem, onde rebites de baixa resistência são apropriados. Os rebites da liga 5056 são utilizados como vêm de fábrica para rebiteagem de chapas de liga de magnésio.

Alloy	Solution heat treatment			Precipitation heat treatment		
	Temperature (°F)	Quench	Temperature designation	Temperature (°F)	Time of aging	Temperature designation
2017	930–950	Cold water	T4			T
2117	930–950	Cold water	T4			T
2024	910–930	Cold water	T4			T
6053	960–980	Water	T4	445–455	1–2 hours	T5
				345–355	or 8 hours	T6
6061	960–980	Water	T4	315–325	18 hours	T6
				345–355	or 8 hours	T6
7075	870	Water		250	24 hours	T6

Figura 5-8.

Os rebites de liga 2117 tem resistência moderadamente alta e são apropriados para rebitar chapas de liga de alumínio. Estes rebites recebem apenas um tratamento térmico, que é realizado pelo fabricante, e são anodizados após o tratamento. Eles não exigem outro tratamento térmico antes da utilização. Os rebites da liga 2117 mantêm suas características indefinidamente após o tratamento térmico e pode ser utilizados a qualquer momento. Os rebites feitos desta liga são os mais amplamente utilizados na construção de aeronaves.

Rebites das ligas 2027 e 2024 tem alta resistência e são apropriados para o uso em estruturas de ligas de alumínio. Eles são comprados do fabricante na condição de termicamente tratados. Como as características de envelhecimento destas ligas em temperatura ambiente são de tal forma que os rebites tornem-se inapropriados para uso, eles devem receber um novo tratamento térmico imediatamente antes de serem utilizados. Os rebites da liga 2017 ficam duros demais para serem utilizados em aproximadamente 1 hora após o resfriamento. Os rebites da liga 2024 endurecem em 10 minutos após o resfriamento. Rebites de ambas as ligas devem receber os novos tratamento térmico tantas vezes quantas necessárias, contudo devem ser anodizados antes do primeiro tratamento térmico desta nova série para evitar oxidação intragranular do material. Se estes rebites forem armazenados em um refrigerador em temperatura mais baixa do que 32°F imediatamente após o resfriamento eles permanecerão macios o suficiente para serem utilizados por diversos dias.

Os rebites que precisam de tratamento térmico são aquecidos tanto em recipientes tubulares, em um banho de sal, ou em pequenas cestas de tela de arame no ar do forno. O tratamento térmico dos rebites de liga 2017 consistem em submeter os rebites a uma temperatura entre 930°F a 950°F por aproximadamente 30 minutos, e resfriá-los imediatamente em água fria. Estes rebites atinge a resistência máxima em aproximadamente 9 dias após serem utilizados. Rebites da liga 2024 devem ser aquecidos a uma temperatura de 910°F a 930°F e imediatamente resfriados em água fria. Estes rebites uma maior resistência ao cisalhamento do que os rebites e 2017 e são usados em locais onde resistência extra é necessária. Rebites de liga 2024 desenvolvem sua resistência de cisalhamento máxima em um dia após o uso.

Os rebites de 2017 devem ser utilizados dentro de aproximadamente 1 hora e os 2024 entre 10 a 20

minutos após o tratamento térmico ou removidos da refrigeração. Se não forem utilizados dentro deste período de tempo devem receber tratamento de reaquecimento antes da refrigeração.

Tratamento Térmico de Ligas de Magnésio

Ligas fundidas de magnésio respondem prontamente ao tratamento térmico, e cerca de 95 por cento do magnésio utilizado na construção de aeronaves está na forma fundida. O tratamento térmico das ligas fundidas de magnésio é similar ao tratamento térmico das ligas de alumínio, por existirem dois tipos de tratamento térmico: (1) tratamento térmico por solubilização e (2) tratamento térmico por precipitação (envelhecimento). Porém, o magnésio desenvolve mudanças insignificantes em suas propriedades quando envelhece naturalmente em temperatura ambiente.

Tratamento Térmico por Solubilização

Ligas fundidas de magnésio são tratadas termicamente por solubilização para melhorar sua resistência a tração, ductilidade, e resistência ao choque. Esta condição de tratamento térmico é indicada pelo uso do símbolo -T4 após a designação da liga. O tratamento térmico por solubilização mais envelhecimento artificial é designado por -T6. O envelhecimento artificial é necessário para o desenvolvimento de todas as propriedades do metal.

As temperaturas do tratamento térmico por solubilização para as ligas fundidas de magnésio variam de 730°F até 780°F, a faixa exata dependendo do tipo de liga. A variação de temperatura para cada tipo de liga é listada no Specification MIL-H-6857. O limite superior de cada faixa listada na especificação é a temperatura máxima na qual a liga pode ser aquecida sem risco de derretimento do metal.

O tempo que o metal deve ser mantido nesta temperatura varia entre 10 e 18 horas, sendo que o tempo exato depende do tipo de liga e da espessura da peça. O tempo de permanência maior que 18 horas pode ser necessário para fundidos com mais de 2 polegadas de espessura. **NUNCA** aqueça ligas de magnésio em um banho de sal, pois isso pode resultar em uma explosão.

Existe um grande risco de fogo no tratamento térmico de ligas de magnésio. Se as temperaturas máximas forem excedidas o fundido pode pegar fogo. Por esta razão o forno deve ser equipado com equipamento de segurança que desliga o aquecimento e queimadores se os controles do equipamento apresentarem defeito ou deixarem de funcionar. Algumas ligas de magné-

sio precisam de uma atmosfera protetora de gás de dióxido de chofre durante o tratamento térmico por solubilização. Ele ajuda a prevenir um principio de fogo mesmo se os limites de temperatura se excederem um pouco.

O resfriamento no ar é utilizado após o tratamento térmico por solubilização das ligas de magnésio, porque parece não existir vantagem no resfriamento em líquido frio.

Tratamento Térmico por Precipitação

Após o tratamento por solubilização as ligas de magnésio podem receber um tratamento de envelhecimento para aumentar a dureza e seu limite de resistência. Geralmente os tratamentos de envelhecimento são usados apenas para aliviar a tensão e estabilizar as ligas, com o objetivo de prevenir mudanças dimensionais mais tarde, especialmente durante a usinagem. Tanto o limite de resistência como a dureza são melhorados, de alguma forma, por este tratamento, as custas de uma pequena quantidade de ductilidade. A resistência a corrosão também melhora, tornando-a próxima a de uma liga fundida.

As temperaturas do tratamento térmico por precipitação são consideradas mais baixas do que as do tratamento térmico por solubilização, e variam entre 325°F até 500°F. O tempo de permanência varia entre 4 e 18 horas.

Tratamento Térmico do Titânio

O titânio recebe tratamento térmico para os seguintes propósitos:

- Aliviar a tensão que se estabelece durante a conformação a frio e a usinagem.
- Recozimento após trabalho a quente ou a frio, ou para conseguir ductilidade máxima para posterior trabalho a frio.
- Endurecimento térmico para melhorar a resistência.

Alívio de Tensão

O alívio de tensão é geralmente utilizado para remover concentrações de tensão resultantes da conformação das chapas de titânio. Elas são pré-formadas em temperaturas que variam de 650°F até 1.000°F. O tempo a esta temperatura varia de alguns minutos para uma chapa muito fina até uma hora ou mais para seções mais pesadas. Um tratamento típico para alívio de tensão é de 900°F por 30 minutos, seguido de resfriamento a ar.

A descoloração ou manchas (carepa) que se formam na superfície do metal durante o alívio da tensão é facilmente removida pela imersão em solução ácida. A solução recomendada contém de 10 a 20 por cento de ácido nítrico e de 1 a 3 por cento de ácido fluorídrico. A solução deve estar em temperatura ambiente ou levemente acima.

Recozimento Total

O recozimento do titânio e das ligas de titânio proporcionam dureza, ductilidade em temperatura ambiente, estabilidade dimensional e estrutural em temperaturas elevadas e melhora a usinagem.

O recozimento total é feito como preparação para trabalhos posteriores. É realizado a 1.200-1.650°F. O tempo nesta temperatura varia de 16 minutos até diversas horas, dependendo da espessura do material e da quantidade de trabalho a frio que será realizado. O tratamento usual para as limas mais comumente utilizadas é de 1.300°F por 1 hora, seguido por resfriamento ao ar. Um recozimento total normalmente resulta em formação de carepa o suficiente que exige o uso de decapagem cáustica, tal como um banho de hidróxido de sódio.

Endurecimento Térmico

O titânio puro não pode receber tratamento térmico, mas sim as ligas comumente usadas na construção de aeronaves, normalmente com alguma perda de ductilidade. Para melhores resultados é recomendado um resfriamento na água, após aquecimento de 1.450°F, seguido de reaquecimento a 900°F por 8 horas.

Cementação

A atividade química do titânio e sua rápida absorção de oxigênio, nitrogênio e carbono em temperaturas relativamente baixas tornam a cementação vantajosa para aplicações especiais. Nitretação, carbonetação e carbon-nitretação podem ser usados para produzir uma camada de resistência ao desgaste de 0,0001 a 0,0002 polegadas de profundidade.

Teste de Dureza

O teste de dureza é um método para se determinar os resultados do tratamento térmico, assim como o estado do metal antes de ser tratado termicamente. Como os valores da dureza podem ser correlacionados os valores de resistência a tração, e em parte com os de resistência ao desgaste, os testes de dureza uma valiosa forma de se verificar o tratamento térmico e

propriedades dos materiais. Praticamente todos os equipamentos de testes de dureza utilizam agora a resistência a penetração como medida. Entre os testadores de dureza mais conhecidos estão os de Brinell e o de Rockwell, ambos descritos e ilustrados a seguir. Também incluímos um tipo portátil, popular, atualmente em uso.

Testador Brinell

O testador de dureza Brinell [Figura 5-9] usa uma bola esférica endurecida, que é forçada contra a superfície do metal. Esta bola tem 10 milímetros (0,3937 polegada) de diâmetro. A pressão de 3.000 quilos é usada para metais ferrosos e 500 quilos para metais não ferrosos. A pressão deve ser mantida por pelo menos 10 segundos nos metais ferrosos e 30 segundos nos não ferrosos. A carga é aplicada por pressão hidráulica. A pressão hidráulica é realizada por uma bomba manual ou por um motor elétrico, dependendo do modelo do

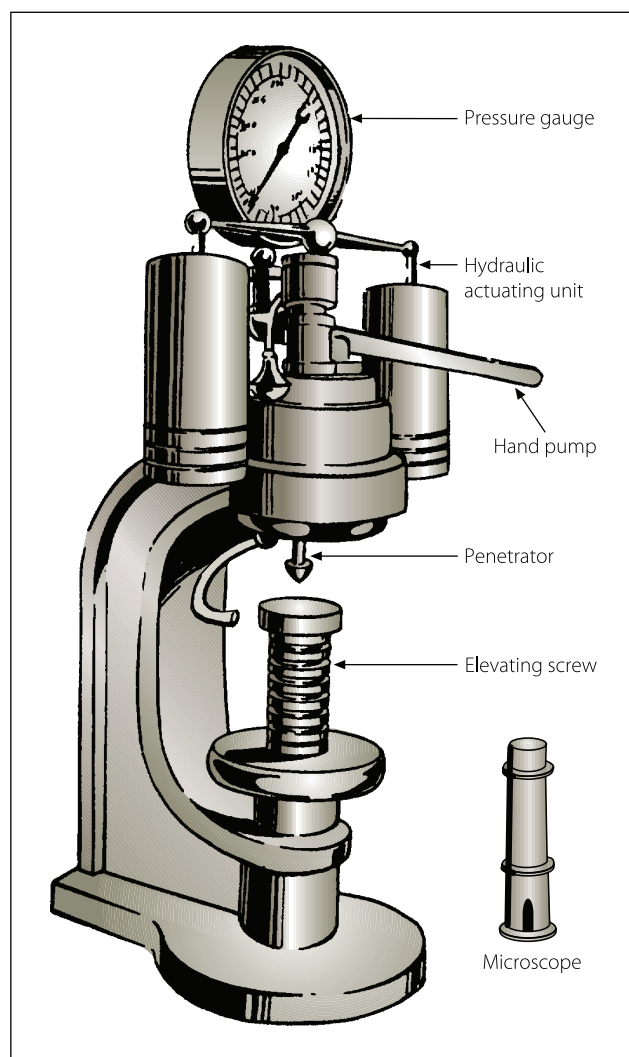


Figura 5-9.

testador. Um medidor de pressão indica a quantidade de pressão. Existe um mecanismo de alívio para aliviar a pressão após o término do teste, e um microscópio calibrado mede o diâmetro da impressão em milímetros. A máquina tem diversas formas de bigornas para apoiar a amostra e um parafuso de elevação para aproximar as amostras da bola de penetração. Estes são acessórios para testes especiais.

Para se determinar o número Brinell de dureza para um metal meça o diâmetro da impressão usando um microscópio calibrado fornecido com o testador. Então converta o número de dureza Brinell com o auxílio da tabela de conversão fornecida com o testador.

Testador Rockwell

O testador de dureza Rockwell [Figura 5-10] mede a resistência de penetração, assim como o testador Brinell. Ao invés de medir o diâmetro da impressão, o testador Rockwell mede a profundidade, e a dureza é indicada diretamente em um mostrador ligado a máquina. Os números do mostrador no círculo externo estão impressos em preto e os números do círculo interno em vermelho. Os números de dureza Rockwell

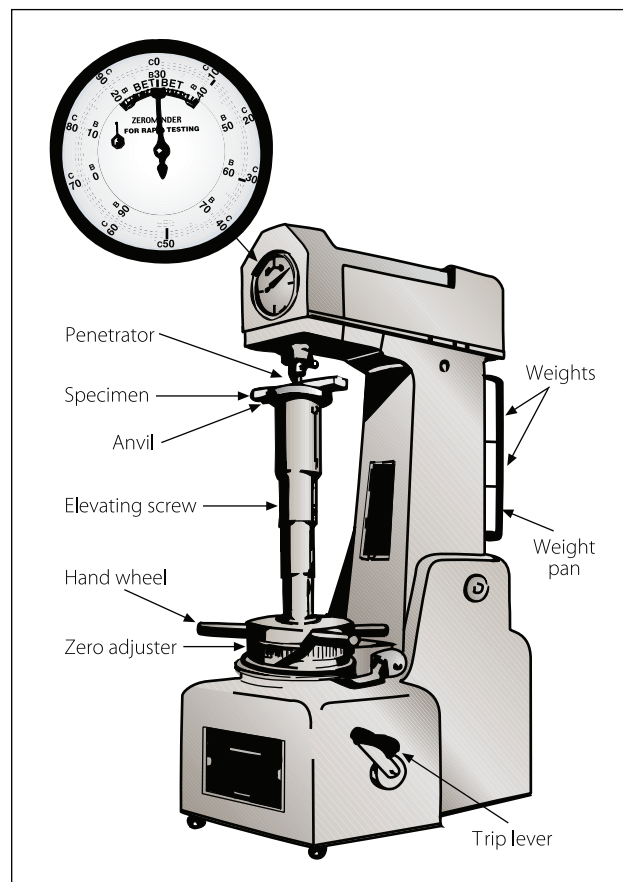


Figura 5-10.

são baseados na diferença entre a profundidade da penetração em cargas maiores e menores. Quanto maior a diferença menor o número de dureza e mais macio é o material.

Dois tipos de penetradores são utilizados no testador Rockwell: um cone de diamante e uma bola de aço endurecida. A carga que força o penetrador no metal é chamada de carga principal e é medida em quilos. Os resultados de cada penetrador e combinação de cargas são registrados em escalas separadas, designadas por letras. O penetrador, a carga máxima, e a escala variam com o tipo de material que está sendo testado. Para aços endurecidos utiliza-se o penetrador de diamante: a carga máxima é de 150 quilos, e a dureza é lida na escala “C”. Quanto esta leitura é registrada, e letra “C” deve preceder o número indicado no ponteiro. O ajuste da escala C é usado para testar materiais cuja dureza varia de C-20 até o aço mais duro (normalmente por volta de C-70). Se o metal for mais macio que C-20, o ajuste da escala B é utilizado. Neste ajuste, a bola de 1/16 polegada é utilizada como penetrador. A carga máxima é de 100 quilos e a dureza é lida na escala de “B”.

Além das escalas “C” e “B” existem outros ajustes para testes especiais. As escalas, penetradores, cargas máximas, números de leitura estão listados na Figura 5-11.

O testador Rockwell é equipado com um suporte de pesos, e dois pesos são fornecidos com a máquina. Um peso está marcado em vermelho e o outro em preto. Com peso algum no suporte de pesos a máquina aplica a carga máxima de 60 quilos. Se o ajuste da escala marcar uma carga de 100 quilos, o peso vermelho é colocado no suporte. Para uma carga de 150 quilos adiciona-se o peso preto, além do vermelho. O peso preto é sempre utilizado com o vermelho, nunca sendo utilizado sozinho.

Praticamente todo o teste é feito com um ajuste de escala B ou C. Para estas escalas as cores podem ser usadas como um guia na seleção do peso (ou pesos) e na leitura. Para o teste de escala B use o peso vermelho e leia os números vermelhos. Para o teste de escala C adicione o peso preto ao vermelho e leia os números pretos.

Quando se ajusta a máquina Rockwell utilize o penetrador de diamante para testar materiais conhecidos como duros. Se a dureza é desconhecida tente o diamante, porque a bola de aço pode ser deformada se utilizada para deformar materiais duros. Se o teste do metal mos-

Scale Symbol	Penetrator	Major Load (kg)	Dial Color/Number
A	Diamond	60	Black
B	1/16-inch ball	100	Red
C	Diamond	150	Black
D	Diamond	100	Black
E	1/8-inch ball	100	Red
F	1/16-inch ball	60	Red
G	1/16-inch ball	150	Red
H	1/8-inch ball	60	Red
K	1/8-inch ball	150	Red

Figura 5-11.

trar abaixo de C-22 mude para a bola de aço.

Use a bola de aço para todos os materiais macios, aqueles que marcarem abaixo de B-100. Se ocorrer uma sobreposição do topo da escala B com a base da escala C, utilize o ajuste da escala C.

Antes que a carga máxima seja aplicada prenda firmemente a amostra que será testada, evitando assim que ela escape da bigorna. Para isto aplique uma carga de 10 quilos antes que a alavanca seja desarmada. Esta carga é normalmente chamada de carga mínima. A carga mínima é de 10 quilos, não importando o ajuste de escala.

O metal a ser testado em um testador Rockwell deve ser liso em ambos os lados e livre de ranhuras ou corpos estranhos. A superfície deve estar perpendicular ao eixo de penetração, e as duas superfícies opostas deve ser paralelas. Se a amostra for cônica o erro dependerá da conicidade. Uma superfície curva também causará um leve erro no teste de dureza. O tamanho do erro depende da curvatura, por exemplo quanto menor o raio da curvatura, maior o erro. Para eliminar tais erros produza, se possível, uma área plana na superfície curvada.

Lâminas de ligas de alumínio revestidas não podem ser testadas diretamente, com qualquer acuracidade, com um testador de dureza Rockwell. Se o valor da dureza do metal base é desejado, a cobertura de alumínio puro deve ser removida antes da realização do teste.

Testador Barcol

O testador Barcol [Figura 5-12] é uma unidade portátil projetada para se testar ligas de alumínio, cobre, bronze ou outros materiais relativamente macios. Ele não deve ser utilizado para aços de aeronaves. A va-



Figura 5-12.

riação aproximada do testador é de 25 a 100 Brinell. A unidade pode ser usada em qualquer posição e em qualquer espaço que permita acesso a mão do operador. É de grande valor para testar a dureza de partes instaladas ou montadas, especialmente para verificar o tratamento térmico adequado. A dureza é indicada no mostrador convenientemente dividido em 100 graduações.

O projeto do testador Barcol é tal que não é necessário experiência prévia para poder operá-lo. Exerça uma pequena pressão contra o instrumento para movimentar o penetrador com mola no material a ser testado. A leitura da dureza será indicada instantaneamente no mostrador.

Diversas leituras típicas para as ligas de alumínio estão listadas na Figura 5-13. Repare que quanto mais duro o material, maior será o número Barcol. Para evitar dano a ponta evite escorregões ou arranhar quando esta estiver em contato com o material que está sendo testado. Se a ponta estragar deve ser substituída. Não tente afiar a ponta.

Cada testador vem acompanhado de um disco de teste para verificar as condições da ponta. Para verificar a ponta pressione o instrumento no disco de teste. Quando a pressão para baixo levar o final do embolo guia contra a superfície do disco, e a leitura do indicador deve estar dentro da mesma faixa mostrada no disco teste.

Scale Symbol	Penetrator	Major Load (kg)	Dial Color/Number
A	Diamond	60	Black
B	1/16-inch ball	100	Red
C	Diamond	150	Black
D	Diamond	100	Black
E	1/8-inch ball	100	Red
F	1/16-inch ball	60	Red
G	1/16-inch ball	150	Red
H	1/8-inch ball	60	Red
K	1/8-inch ball	150	Red

Figura 5-13.

Forjamento

Forjamento é o processo de modelar um produto por compressão ou martelo. Quando um material é forjado abaixo da temperatura de recristalização chama-se forjado a frio. Quando trabalhado acima da temperatura de recristalização é chamado de forjado a quente. A estampagem é um processo de martelagem que usa um lingote quente colocado entre um dois moldes em uma máquina chamada MARTELO DE QUEDA e um peso de muitas toneladas é largado no molde superior. Isto resulta em um metal quente sendo forçado na forma de um molde. Como o processo é muito rápido a estrutura dos grãos do metal é alterada, resultando em um aumento significativo da resistência da peça acabada.

Fundição

A fundição é feita derramando-se metal derretido em um molde do formato desejado. Como a deformação plástica do metal não ocorre, não é possível alteração do formato do grão ou orientação. O ganho de tamanho do metal pode ser controlado pela taxa de resfriamento, pelas ligas de metais e pelo tratamento térmico. Fundidos têm, normalmente, menor resistência e são mais quebradiços que o produto forjado do mesmo material. Para formatos complexos ou item com passagens internas, tais como lâminas de turbinas, o fundição pode ser o processo mais econômico. Exceto para peças de motor, a maioria dos componentes de metal encontrados em uma aeronave são forjados ao invés de fundidos.

Todos os produtos de metal começam na forma de fundido. Os metais forjados são convertidos de lingotes por deformação plástica. Para ligas de alumínio de alta resistência uma redução (mudança dimensional de espessura) de 80 a 90 por cento deste material é necessária para se obter altas propriedades mecânicas

de uma estrutura totalmente forjada.

Tanto as ligas de ferro como de alumínio são fundidas para o uso em aeronaves. O ferro fundido contém de 6 a 8 por cento de silício.

Ferro fundido é um ferro-gusa de difícil maleabilidade, feito derramando-o em um molde. A liga de alumínio fundido é aquecida até derreter e derramada em um molde para se obter o formato desejado.

Extrusão

O processo de extrusão envolve forçar-se o metal através de uma abertura para um molde, fazendo com que o metal tome a forma deste. O formato do molde será a seção transversal de um ângulo, canal, tudo ou outro formato. Alguns metais como o chumbo, estanho e alumínio podem ser extrudados a frio, contudo a maioria dos metais deve ser aquecidos antes da extrusão. A principal vantagem do processo de extrusão é a flexibilidade. Por exemplo, por causa da sua capacidade de ser trabalhado o alumínio pode ser extrudado de forma econômica, nos mais diferentes formatos e em tamanhos grandes, então é mais prático que outros metais.

Formatos extrudados são produzidos em seções muito simples e também outras bastante complexas. Neste processo, por exemplo, um cilindro de alumínio é aquecido entre 750-850°F e então forçado através de uma abertura de uma forma por um ariete. A abertura é o formato desejado para a seção cruzada da extrusão acabada.

Muitas partes estruturais, tais como canais, ângulos, seções T e seções Z são formadas pelo processo de extrusão.

O alumínio é o material extrudado mais utilizado em aeronaves. Ele é extrudado em temperaturas que variam de 700-900°F (371-482°C) e necessitam de pressão de até 80.000 psi (552 MPa). Após a extrusão o produto é frequentemente sujeito a processos térmicos e mecânicos, para que as propriedades desejadas sejam obtidas. Os processos de extrusão são limitados aos materiais mais dúteis.

Trabalho a Frio/Endurecimento

O trabalho a frio é o trabalho mecânico realizado em temperaturas abaixo da faixa crítica. Resulta em um STRAIN HARDENING (ENCRUAMENTO) do metal. Na verdade o metal fica tão duro que é difícil continuar o processo de conformação sem amaciar o

metal pelo recozimento.

Como os erros relacionados a encolhimento são eliminados no trabalho a frio obtém-se um metal muito mais compacto e melhor. A resistência, dureza, assim como o limite elástico, são aumentados, mas a ductilidade diminui. Como isto torna o metal mais quebradiço, ele deve ser aquecido de tempos em tempos, durante algumas operações, para remover os efeitos indesejáveis do trabalho.

Existem diversos processos de trabalho a frio, mas dois interessam principalmente a mecânica de aviação: laminação a frio e COLD DRAWING. Estes processos dão aos metais as qualidades desejáveis que não podem ser obtidas no trabalho a quente.

A laminação a frio normalmente refere-se ao trabalho no metal em temperatura ambiente. Nesta operação o material, que foi laminado em tamanhos aproximados, é decapado para se remover a carepa, e após isso passa por rolos de acabamento refrigerados. Isto cria uma superfície lisa e também deixa a peça na suas dimensões corretas. Os principais formatos de laminados a frio são chapas, barras e hastes.

COLD DRAWING é utilizado para se produzir tubos sem emenda, arame, tirantes simplificados e outras formas. O arame é feito com hastes laminadas a quente de vários diâmetros. Estas hastes são decapadas no ácido para se remover a carepa, mergulhadas em água de cal, e então secas em uma sala de vapor, onde permanecem até estar prontas para DRAWING. A cobertura de cal que adere ao metal serve como um lubrificante durante a operação de DRAWING.

O tamanho da haste utilizada para o DRAWING depende do diâmetro que se quer do arame acabado. Para se reduzir a haste ao tamanho desejado ele é DRAWN frio através de um molde. Uma ponta da haste é limada ou martelada para que passe pela abertura da forma. Ali ela é presa por JAWS do bloco que DRAWING e puxada pelo molde. Esta série de operações é feita por um mecanismo conhecido como máquina estiradora.

Para se reduzir a haste gradualmente ao tamanho desejado é necessário DRAW o arame através de formas sucessivamente menores. Como cada uma destes DRAWINGS reduz a ductilidade do arame, ele deve ser recozido de tempos em tempos antes da realização dos próximos DRAWINGS. Embora o trabalho a frio reduza a ductilidade ele aumenta resistência a tração do arame.

Na produção de tubulações para aeronaves sem emendas a tubulação é DRAWN a frio através de formas com o formato de anéis, com um mandril ou barra de metal dentro do tubo para apoio, enquanto a operação de DRAWING está sendo realizada. Isto força o metal a fluir entre a forma e o mandril e proporciona um meio de controle da espessura da parede, assim como os diâmetros interno e externo.

Materiais Não Metálicos de Aeronaves

O uso de magnésio, plástico, tecido e madeira na construção de aeronaves praticamente desapareceu desde a metade dos anos 50. O uso do alumínio também diminuiu significativamente, de 80 por cento das fuselagens em 1950 para aproximadamente 15 por cento de alumínio ou ligas de alumínio na construção de fuselagens atualmente. A substituição destes materiais nas aeronaves foi feita por não metálicos, tais como plástico reforçado e compósitos avançados.

Madeira

As primeiras aeronaves foram construídas com madeira e tecido. Hoje, exceto para a restauração de algumas aeronaves de construção doméstica, muito pouca madeira é usada para este fim.

Plásticos

Os plásticos são usados em muitas aplicações em aeronaves modernas. Estas aplicações variam de componentes estruturais de plásticos termofixos reforçados com fibra de vidro até guarnições decorativas de materiais termoplásticos e janelas.

Plásticos Transparentes

Materiais plásticos transparentes utilizados em CANOPIES de aeronaves, parabrisas, janelas e outras caixas transparentes semelhantes podem ser divididos em duas classes ou grupos principais. Estes plásticos são classificados de acordo com sua reação ao calor, sendo elas: termoplásticos e termofixos.

Os materiais termoplásticos amolecem quando aquecidos e endurecem quando resfriados. Estes materiais podem ser aquecidos até que amaciem e então são modelados no formato desejado. Quando resfriados eles mantêm esta forma. O mesmo pedaço de plástico pode ser reaquecido e remodelado diversas vezes sem alterar a composição química dos seus materiais.

Os plásticos termofixos endurecem por aquecimento,

e o reaquecimento não tem nenhum efeito para amolecê-los. Estes plásticos não podem ser remodelados após totalmente curados pela aplicação de calor.

Além das classes acima os plásticos transparentes são fabricados em duas formas: monolítico (sólido) e laminado. Plásticos laminados transparentes são feitos de lâminas de plásticos transparente unidas por um material na camada interna, normalmente polivinil butiral. Por causa das suas qualidades de resistência ao despedaçamento o plástico laminado é superior aos plásticos sólidos e é utilizado em muitas aeronaves pressurizadas.

A maioria das lâminas transparentes utilizadas na aviação é produzida de acordo com diversas especificações militares. Um novo desenvolvimento de plásticos transparentes é o acrílico esticado. Ele é um tipo de plástico que antes de ser modelado é puxado em ambas direções para reorganizar sua estrutura molecular. Painéis de acrílico esticado tem uma maior resistência ao impacto e são menos sujeitos a quebra. Têm maior resistência química, EDGING é mais simples e fissuras e arranhões são menos prejudiciais.

Lâminas individuais de plástico são cobertas com um papel máscara pesado ao qual um adesivo sensível a pressão foi adicionado. Este papel ajuda a evitar arranhões acidentais durante estocagem e manuseio. Seja cuidadoso para evitar arranhões e riscos que podem ser causados por deslizar uma lâmina contra a outra ou contra mesas ásperas ou sujas.

Se possível guarde as lâminas em caixas que estejam inclinadas em aproximadamente 10° da vertical. Se elas tiverem que ser guardadas horizontalmente as pilhas não devem ser maiores do que 18 polegadas de altura, e as lâminas pequenas devem ficar sobre as maiores, para evitar que empenem por falta de apoio. Armazene-as em um local fresco e seco, longe de vapores de solventes, serpentinas de aquecimento, radiadores e tubos de vapor. A temperatura na sala de armazenamento não deve passar dos 120°F.

Embora a luz solar direta não seja prejudicial ao plástico acrílico ela causará ressecamento e endurecimento da máscara adesiva, tornando difícil a remoção do papel. Se o papel não sair facilmente coloca a lamina em um forno a 250°F por, no máximo, 1 minuto. O calor irá amolecer o adesivo da máscara tornando a remoção do papel mais fácil.

Se um forno não estiver disponível remova a máscara

endurecida de papel amolecendo o adesivo com nafta alifática. Esfregue a máscara de papel com um pano saturado de nafta. Isso irá amolecer o adesivo e soltar o papel do plástico. As lâminas que receberem este tratamento devem ser imediatamente lavadas com água limpa, cuidando para não arranhar a superfície.

Nota: a nafta alifática não deve ser confundida com a nafta aromática ou outros solventes para lavagem a seco, que tem efeitos nocivos ao plástico. A nafta alifática é inflamável e todas as precauções relacionadas ao uso de líquidos inflamáveis devem ser observadas.

Materiais Compósitos

Nos anos 40 a indústria aeronáutica começou a desenvolver fibras sintéticas para melhorar o projeto das aeronaves. Desde aquele tempo os materiais compósitos têm sido cada vez mais utilizados. Quando se fala em compósitos a maioria das pessoas pensa apenas em fibra de vidro, ou talvez em grafite ou aramidas (Kevlar). Os compósitos começaram na aviação mas agora estão em muitas outras indústrias, incluindo automobilismo, artigos esportivos, barcos, assim como usos na indústria da defesa.

O material “compósito” é definido como uma mistura de diferentes materiais ou coisas. Esta definição é tão geral que poderia se referir a ligas de metal feitas de diversos metais diferentes para aumentar a resistência, ductilidade, condutividade ou quaisquer características desejadas. Da mesma forma, a composição dos compósitos é uma combinação de reforço, como as fibras, partículas, rodeadas e mantidas juntas por uma resina, formando uma estrutura. Separadamente, o reforço e a resina são muito diferentes do seu estado combinado. Mesmo no seu estado combinado eles ainda podem ser identificados individualmente e mecanicamente separados. Um compósito, o concreto, é composto de cimento (resina) e brita ou hastes de reforço para reforçar e criar o concreto.

Vantagens e Desvantagens dos Compósitos

Algumas das muitas vantagens de se usar matérias compósitos são:

- Alta relação entre resistência e peso
- Transferência de tensão de fibra para fibra permitida pela ligação química
- Modulus (relação entre rigidez e densidade) de 3,5 a 5 vezes a do aço ou alumínio

- Vida mais longa que os metais
- Alta resistência a corrosão
- Resistência a tração de 4 a 6 vezes a do aço ou alumínio
- Maior flexibilidade de projeto
- BONDED CONSTRUCTION elimina juntas e fixadores
- Facilmente reparáveis

As desvantagens dos compósitos incluem:

- Dificil condução dos métodos de inspeção, especialmente detecção de delaminação (os avanços da tecnologia irão corrigir este problema no futuro)
- Falta de uma base de dados de longo prazo de projetos, métodos tecnológicos relativamente novos.
- Custo
- Material de processamento muito caro
- Falta de um sistema de metodologia padronizada
- Grande variedade de materiais, processos e técnicas
- Falta geral de conhecimento e expertise para reparos.
- Produtos frequentemente tóxicos ou perigosos
- Falta de metodologia padronizada para construção e reparos

O aumento da resistência e a habilidade de projeto para as necessidades de desempenho do produto tornam os compósitos muito superiores aos materiais tradicionais utilizados nas aeronaves hoje. Quanto mais e mais compósitos forem utilizados, os custos, projetos, facilidade de inspeção e informações sobre resistência e vantagens de peso auxiliarão aos compósitos a se tornar materiais de escolha para construtores de aeronaves.

Segurança dos Compósitos

Os produtos compósitos podem ser muito perigosos à pele, olhos e pulmões. Em curto ou longo prazo as pessoas podem se tornar sensíveis aos materiais, ter irritações severas e problemas de saúde. A proteção individual é geralmente desconfortável, quente, difícil de vestir. Contudo, um pequeno desconforto enquanto se está trabalhando com compósitos pode prevenir sérios problemas de saúde, ou até a morte.

Uma máscara protetora contra partículas é muito importante para proteger os pulmões de danos perma-

nentes causados por minúsculas bolhas de vidro ou pedaços de fibras. O mínimo necessário é uma máscara contra poeira aprovada para fibra de vidro. A melhor proteção é um respirador com filtros de poeira. O encaixe correto do respirador e da máscara contra poeira é muito importante porque se o ar não filtrado pela máscara for respirado ela não pode proteger os pulmões do usuário. Quando trabalhar com resinas é importante utilizar proteção contra vapores. Filtros de carvão em um respirador irão remover os vapores por um período de tempo. Se você puder sentir o cheiro dos vapores de resina após colocar a máscara de volta, ou após um intervalo, substitua os filtros imediatamente. Algumas vezes os filtros de carvão duram menos que 4 horas. Armazene o respirador em uma embalagem lacrada quando não estiver em uso. Se trabalhar com materiais tóxicos por um longo período de tempo é recomendado o uso de uma máscara com fornecimento de ar e um capuz.

Evite contato da pele com as fibras ou outras partículas usando calças e mangas compridas juntamente com luvas e cremes de barreira. Os olhos devem estar protegidos pelo uso de óculos a prova de vazamento (sem furos de ventilação) quando trabalhar com resinas ou solventes, porque dos danos químicos aos olhos são irreversíveis.

Materiais Reforçados Com Fibras

O propósito do reforço em plásticos reforçados é proporcionar o máximo de resistência. As três principais formas de reforço de fibras são as partículas, WHISKERS e fibras.

Uma partícula é um pedaço quadrado de material. Bolhas de vidro (Q-cell) são esferas ocas de vidro e como suas dimensões são iguais em todos os eixos elas são chamadas de partículas.

Um WHISKER é um pedaço de material que é mais longo do que largo. WHISKERS são, normalmente, um único cristal. Eles são muito fortes e usados para reforçar cerâmicas e metais.

Fibras são filamentos únicos que tem um comprimento muito maior que a largura. As fibras podem ser feitas de quase qualquer material, e não cristalinas como os WHISKERS. As fibras são a base de muitos compósitos. As fibras são menores que o cabelo humano mais fino e normalmente tecidas em materiais como panos.

Estruturas Laminadas

Os compósitos podem ser feitos com ou sem um núcleo interno de material. Uma estrutura laminada com um núcleo central é chamada de estrutura sanduíche. A construção laminada é forte e rígida, mas pesada. O sanduíche laminado tem a mesma resistência mas pesa muito menos. O peso menor é muito importante para produtos aeroespaciais.

O núcleo de um laminado pode ser feito de quase tudo. A decisão é normalmente baseada no uso, resistência e métodos de fabricação utilizados.

Vários tipos de núcleos para estruturas laminadas incluem espuma rígida, madeira, metal, ou a preferência da indústria aeroespacial, um favo de mel feito de papel, Nomex, carbono, fibra de vidro ou metal. A Figura 5-14 mostra uma estrutura sanduíche típica. É muito importante seguir as técnicas apropriadas para construção ou reparo de estruturas laminadas, para assegurar que a resistência não seja comprometida. Uma montagem sanduíche é feita colocando-se um laminado de alta densidade ou face sólida de cada lado de um núcleo. A seleção dos materiais para as partes da frente e de trás do laminado é feita pelo engenheiro de projeto, dependendo de qual será a aplicação da peça. É importante seguir os manual do fabricante para instruções específicas relacionadas aos procedimentos de teste e reparo, e como se aplicam a uma determinada aeronave.

Plástico Reforçado

O plástico reforçado é um material termofixo usado na produção de RADOMES, coberturas de antenas e pontas de asa, e como isolamento de várias partes de equipamento elétrico e células de combustível. Tem excelente características dielétricas, o que o torna ideal para RANDOMES. Contudo, sua alta relação entre força e peso, resistência ao bolor, ferrugem e deterioração, e de fácil fabricação o tornam igualmente apropriados para outras partes da aeronave.

Os componentes do plástico reforçado de uma aeronave são formados tanto por laminados sólidos como por laminados do tipo sanduíche. As resinas utilizadas para impregnar panos de vidro são do tipo pressão de contato (requerendo pouca ou nenhuma pressão durante a cura). Estas resinas são fornecidas como um líquido que pode variar em viscosidade, desde uma consistência similar a água até um xarope espesso. A cura ou polimerização é afetada pelo uso de um catalisador, normalmente peróxido de benzoíla.

Laminados sólidos são construídos por três ou mais camadas de tecidos “laminado molhado” impregnados de resina unidos para formar uma lâmina sólida ou moldando uma forma.

Os laminados do tipo sanduíche são construídos por duas ou mais lâminas de revestimento sólidas ou um formato modelado envolvendo um favo de mel de fibra de vidro ou um núcleo de espuma. Os núcleos de favo de mel são feitos de panos de vidro impregnados com poliéster ou uma combinação de nylon e resinas fenólicas. A densidade específica e o tamanho da célula do núcleo de favo de mel variam bastante. Os núcleos de favo de mel são normalmente fabricados em blocos e depois cortados na espessura desejada por uma serra de fita.

Os núcleos do tipo espuma são formulados pela combinação de resinas alquídicas e metatolueno diisocianato. Os componentes da fibra de vidro tipo sanduíche preenchidos com núcleos do tipo espuma são manufaturados com tolerâncias extremas em espessura total do revestimento moldado e material do núcleo. Para atingir esta acuracidade, a resina é derramada para um forma moldada de tolerância estreita. A formulação da resina imediatamente espuma-se para preencher os vazios da forma moldada e forma uma ligação entre o revestimento e o núcleo.

Borracha

A borracha é utilizada para se prevenir a entrada de sujeira, água ou ar, para prevenir a perda de fluidos, gases ou ar. Ela também é utilizada para absorver vibração, reduzir ruídos e amortecer as cargas de impacto.

O termo borracha é um termo muito abrangente, assim como o termo metal. Ele é usado para incluir não apenas a borracha natural, mas todas as borrachas sintéticas e de silicone.

Borracha Natural

A borracha natural tem um melhor processamento e melhores propriedades do que a borracha sintética e a borracha de silicone. Estas propriedades incluem flexibilidade, elasticidade, resistência à tração, resistência a dilaceramento e baixo acúmulo de calor devido à flexão (histerese). A borracha natural é um produto para propósitos gerais, contudo sua adequação ao uso em aeronaves é um tanto limitado devido a sua resistência inferior a maioria das influencias que causam deterioração. Embora seja um excelente vedante para muitas aplicações ela incha e frequentemente amolece com todos os combustíveis de aeronaves e com muitos solventes (naftas e assim por diante). A borracha natural se deteriora mais rapidamente que a borracha sintética. Ela é usada como um material vedante para sistemas de água e metanol.

Borracha Sintética

A borracha sintética está disponível em diversos tipos, cada um composto por materiais diferentes para se obter as propriedades desejadas. Os mais amplamente utilizados são os butis, Bunas e neoprene.

O butil é uma borracha de hidrocarbono com resistência superior a permeação de gás. Também é resistente a deterioração. Contudo, suas propriedades físicas são, comparativamente, menores do que as da borracha natural. O butil resiste ao oxigênio, óleos vege-

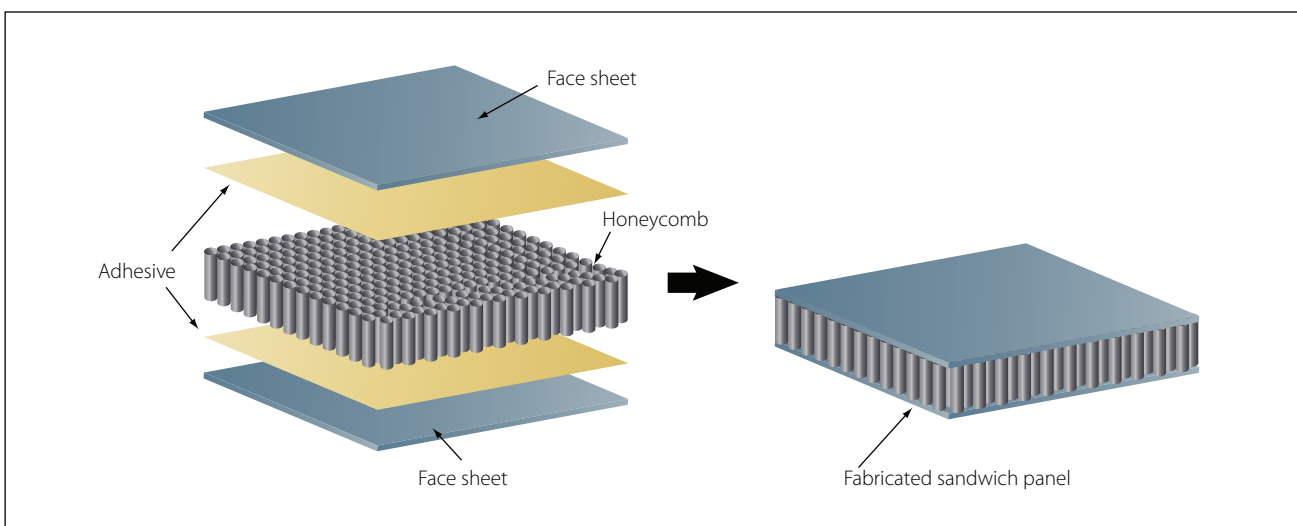


Figura 5-14.

tais, gordura animal, álcalis, ozônio e desagregação.

Como a borracha natural, o butil incha em contato com petróleo e solventes de alcatrão de carvão. Tem uma baixa taxa de absorção de água e boa resistência ao calor e também as baixas temperaturas. Dependendo do grau é apropriada para uso em temperaturas que variam de -65°F até 300°F. O butil é usado com fluidos hidráulicos de éster de fosfato (Skydrol), fluidos de silicone, gases, cetonas e acetonas.

A borracha Bruna-S assemelha-se a borracha natural tanto no processamento quanto nas características de desempenho. Bruna-S é tão resistente à água quanto a borracha natural, mas tem melhores características de envelhecimento. Tem boa resistência ao calor, mas apenas na ausência de flexão severa. Geralmente a Bruna-S tem pouca resistência à gasolina, óleo, ácidos concentrados e solventes. A Bruna-S é normalmente usada para pneus e tubos como um substituto a borracha natural.

A Bruna-S tem uma excelente resistência aos hidrocarbonos e outros solventes. Contudo, tem pouca resistência em solventes em baixas temperaturas. Os compostos de Bruna N têm boa resistência a temperaturas de até 300°F, e pode ser produzida para aplicações até -75°F. A Bruna-N tem boa resistência a rasgos, luz solar e ozônio. Tem boa resistência a abrasão e boas propriedades de BREAKAWAY (separação) quando utilizada em contato com metal. Quando utilizada como vedante em um pistão hidráulico ela não irá colar a parede do cilindro. A Bruna-N é utilizada para mangueiras de óleo e gasolina, revestimento de tanques, juntas e vedantes.

O neoprene CAN TAKE MORE PUNISHMENT do que a borracha natural e tem melhores características em baixa temperatura. Ele tem excepcional resistência ao ozônio, luz do sol, calor e envelhecimento. O neoprene tem o mesmo toque e aparência da borracha, mas é menos como ela, com relação a outras características, se comparado com butil ou Bruna. As características físicas do neoprene, tais como resistência a tração e alongamento não são exatamente iguais as da borracha natural, mas tem real similaridade. Sua resistência a rasgos, assim como a abrasão, são levemente inferiores a da borracha natural. Embora sua recuperação a distorção seja completa ela não é tão rápida quanto a da borracha natural.

O neoprene tem uma resistência superior ao óleo. Em-

bora seja um bom material para uso em sistemas de gasolina não aromáticos, ele tem pouca resistência a gasolina aromática. O neoprene é usado principalmente como vedante de água, canaletas de janela, BUMPER PADS, mangueiras resistentes a óleo, e diafragmas de carburador. Ele também é recomendado para o uso com Freons™ e lubrificantes de ésteres de silicato.

O Thiokol, também conhecido como borracha de borracha polisulfeto, tem a mais alta resistência a deterioração, mas está entre os piores em propriedades físicas. O Thiokol, em geral, não é seriamente afetado pelo petróleo, hidrocarbonos, ésteres, álcool, gasolina ou água. O Thiokol tem uma classificação baixa com relação a suas propriedades físicas como COMPRESSION SET, resistência à tração, elasticidade, e resistência a rasgos e abrasão. O Thiokol é usado para mangueiras de óleo, revestimentos de tanque para gasolinas aromáticas de aviação, juntas e vedações.

As borrachas de silicone são um grupo de materiais plásticos de borracha feitos de silício, oxigênio, hidrogênio e carbono. Os silícios têm excelente estabilidade ao calor e flexibilidade em temperaturas muito baixas. Eles são apropriados para juntas, vedações ou outras aplicações com temperaturas elevadas, de até 600°F são predominantes. As borrachas de silicone também são resistentes a temperaturas baixas, até -150°F. Nesta faixa de temperatura a borracha de silicone permanece extremamente flexível e útil, sem dureza ou gomosidade. Embora este material apresente boa resistência aos óleos, ele reage de maneira desfavorável tanto a gasolina aromática como a não aromática.

Silastic, um dos silicones mais conhecidos, é utilizado para isolamento de equipamentos elétricos e eletrônicos. Por causa das suas propriedades dielétricas sob uma ampla gama de temperaturas ele permanece flexível e livre de fissuras e rachaduras. O Silastic também é usado para juntas e vedações em alguns sistemas de óleo.

Amortecedor de Cabo / Amortecedor de Elástico

O amortecedor de elástico é feito de borracha natural envolta em uma cobertura de fios de algodão trançados, tratados para resistir a oxidação e o desgaste. Se obtém uma grande tensão e alongamento pelo reves-

timento de tecido sobre os fios de borracha enquanto eles são esticados até três vezes seu comprimento original.

Existem dois tipos de amortecedores de elástico. O tipo I é uma corda reta e o tipo II é um anel contínuo conhecido como “bungee”. As vantagens do tipo II são ser fácil e rapidamente substituível e não precisa ser fixada durante o estiramento. O amortecedor de elástico está disponível em diâmetros padrão de ¼ de polegada até 13/16 polegada.

Três cores de fios são entrelaçadas na cobertura externa do amortecedor, em todo seu comprimento. Dois desses fios são da mesma cor e representam o ano de fabricação: o terceiro fio, de cor diferente, representa o trimestre do ano no qual a corda foi fabricada. O código de cores cobre um período de 5 anos e se repete. Isto torna fácil descobrir o ano, tanto para frente como para trás, de acordo com os anos mostrados na Figura 5-15.

Vedadores

Os vedadores são utilizados para evitar que os fluidos passem de um certo ponto, assim como para manter ar e sujeira fora do sistema no qual está sendo usado. O aumento do uso de mecanismo hidráulicos e pneumáticos em sistemas de aeronaves criou a necessidade de gaxetas e juntas de vedação com diferentes características e modelos para atender as diversas variações de velocidade de operação e temperaturas as quais estão sujeitas. Nenhum tipo ou estilo de junta é satisfatória para todas instalações. Algumas das razões para isso são: (1) a pressão na qual o sistema opera, (2) o tipo de fluido utilizado no sistema, (3) o acabamento de metal e a folga entre ele e as partes adjacentes, e (4) o tipo de movimento (rotação ou alternado), se tiver. As juntas são divididas em três classes principais: (1) gaxetas, (2) juntas de vedação, e (3) limpadores.

Gaxetas

As gaxetas são feitas de borracha sintética ou natural. Elas normalmente são utilizadas como “vedadores dinâmicos”, ou seja, em unidades que contém partes móveis, tais como cilindros de atuação, bombas, válvulas seletoras, e assim por diante. As gaxetas são feitas na forma de O-rings, V-rings e U-rings, cada uma projetada para um propósito específico. [Figura 5-16]

Gaxetas O-ring

As gaxetas O-ring são utilizadas para prevenir vazamentos internos e externos. Este tipo de anel de vedação de forma eficaz em ambas as direções e é tipo mais utilizado. Em instalações sujeitas a pressão

Year	Threads	Color
2000	2	black
2001	2	green
2002	2	red
2003	2	blue
2004	2	yellow
2005	2	black
2006	2	green
2007	2	red
2008	2	blue
2009	2	yellow
2010	2	black

Quarter Marking		
Quarter	Threads	Color
Jan., Feb., Mar.	1	red
Apr., May, June	1	blue
July, Aug., Sept.	1	green
Oct., Nov., Dec.	1	yellow

Figura 5-15.

acima de 1.500 psi, anéis auxiliares são usados juntamente com os O-rings para evitar extrusão.

Quando uma gaxeta O-ring está sujeita a pressão de ambos os lados, como em um cilindro de atuação, dois anéis auxiliares devem ser utilizados (um de cada lado do O-ring). Quando o O-ring estiver sujeito a pressão em apenas um lado, geralmente se usa apenas um anel auxiliar. Neste caso, o anel auxiliar é sempre colocado no lado do O-ring distante da pressão.

Os materiais dos quais os O-rings são manufacturados foram agravados por diversas condições de operação, temperaturas e fluidos. Um O-ring designado especificamente para uso como um selo estático (estacionário) provavelmente não funcionará quando instalado em uma parte móvel, tal como um pistão hidráulico. A maioria dos O-rings é similar em aparência e textura, mas suas características podem ser muito diferentes. Um O-ring é inútil se não for compatível com o sistema de fluidos e temperatura de operação.

Avanços nos projetos de aeronaves criaram a necessidade de novas composições de O-rings. Os O-rings hidráulicos foram originalmente designados sob uma especificação AN números 6227, 6230 e 6290, para

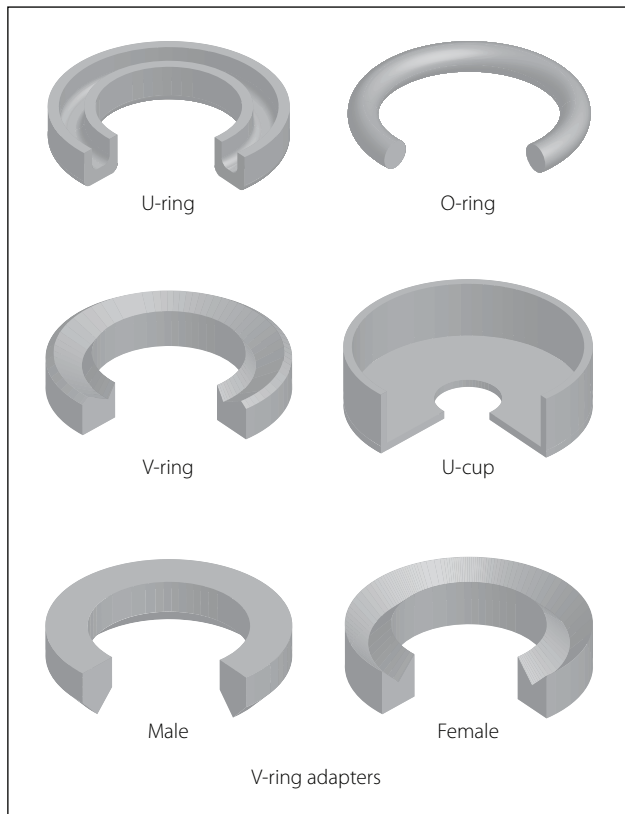


Figura 5-16.

use em fluido MIL-H-5606, em temperaturas variando de -65°F até 160°F . Quando novos projetos elevaram a temperatura de operação para um possível 275°F , mais compostos foram desenvolvidos e aperfeiçoados.

Recentemente foi desenvolvido um composto que ofereceu um melhor desempenho em baixa temperatura sem sacrificar o desempenho em alta temperatura, fazendo com que as outras séries ficassem obsoletas. Este metal superior foi adotado na série MS28775. Esta série é agora o padrão para os sistemas MIL-H- 5606, no qual a temperatura pode variar de -65°F até 275°F .

Os fabricantes criaram um código de cores para alguns O-rings, mas estes não é um meio confiável ou completo de identificação. O código de cores não identifica os tamanhos, mas apenas a compatibilidade com o sistema de fluidos ou vapor, e em alguns casos o fabricante. Códigos de cor em O-rings que sejam compatíveis com o fluido MIL-H-5606 sempre terão azul, mas também podem ter vermelho e outras cores. Gaxetas e juntas apropriados para uso com fluido Skydrol sempre serão codificados com uma faixa verde, mas também podem ter ponto azul, cinza, vermelho, verde ou amarelo como parte do código de cores. Códigos de cor em O-rings que sejam compatíveis com fluido de hidrocarbonetos sempre terão verme-

lho, mas nunca azul. Uma faixa colorida ao redor da circunferência indica que o O-ring é uma gaxeta com função de junta de vedação. A cor da faixa indica a compatibilidade de fluidos: vermelho para combustível, azul para fluido hidráulico.

A codificação de alguns anéis não é permanente. Em outras pode ser omitida devido a dificuldades de manufatura ou interferência na operação. Além disso, o sistema de codificação por cores não fornece meios de indicar a idade do O-ring e suas limitações de temperatura.

Em função das limitações do código de cor, os O-rings estão disponíveis em envelopes individuais hermeticamente lacrados, rotulado com a data pertinente. Quando selecionar um O-ring para instalação, o número da parte básica do envelope lacrado fornece a identificação do composto mais confiável.

Embora um O-ring possa parecer perfeito ao primeiro olhar, podem existir pequenas falhas na superfície. Estas falhas são frequentemente capazes de evitar um desempenho satisfatório do O-ring sob pressões variáveis de operação dos sistemas da aeronave. Assim, os O-rings devem ser rejeitados por falhas que irão afetar seu desempenho. Tais falhas são de difícil detecção, e um fabricante de aeronaves recomenda o uso de lentes de aumento de 4 vezes, com iluminação adequada, para inspecionar cada anel antes da instalação. Rolando-se o anel em um cone de inspeção, ou tarugo, o diâmetro interno da superfície também pode ser verificado para pequenas rachaduras, partículas de material estranho, ou outras irregularidades que irão causar vazamento ou diminuir a vida útil do O-ring. Uma leve esticada do anel quando estiver enrolado de dentro para fora, ajudará a revelar alguns defeitos que não são visíveis de outra forma.

Anéis Auxiliares

Os anéis auxiliares (MS28782), feitos de Teflon™ não se deterioram com o tempo, não são afetados por qualquer sistema de fluidos ou vapor, e pode tolerar temperaturas extremas além daquelas encontradas em sistemas hidráulicos de alta pressão. Os números traço identificam não apenas seu tamanho mas também relacionam-se diretamente com o número traço do O-ring com o qual são dimensionalmente adequados. Eles são identificáveis sob uma série de números de peças básicas, mas que são intercambiáveis; ou seja, qualquer anel auxiliar de Teflon™ pode ser usado para substituir qualquer outro anel auxiliar de Teflon™ se tiver a dimensão global adequada para apoiar o O-ring

apropriado. Anéis auxiliares não são codificados por cor ou marcados de qualquer outra forma e devem ser identificados pelas etiquetas das embalagens.

A inspeção de anéis auxiliares deve incluir uma verificação de que as superfícies não tenham irregularidades, que as bordas não tenham arestas cortantes e as partes chanfradas paralelas. Quando verificar os anéis auxiliares em espiral Teflon™ certifique-se de que as espiras não estejam separadas mais de ¼ quando livres.

Gaxetas V-Ring

As gaxetas V-Ring (AN6225) são vedadores descartáveis e são sempre instalados com a parte aberta, do “V” voltada para o lado pra pressão. Gaxetas V-Ring devem ter um adaptador macho e fêmea para serem mantidos na posição correta depois da instalação. Também é necessário apertar o retentor dos anéis, com um torque no valor especificado pelo fabricante do componente que está recebendo manutenção, ou o vedador pode não ter o desempenho satisfatório. Uma instalação usando V-rings é mostrada na Figura 5-17.

Gaxetas U-Ring

As gaxetas U-ring (AN6226) e gaxetas U-cup são usadas nos conjuntos de freios ou nos cilindros mestre de freios. A U-ring e U-cup vedarão a pressão em apenas uma direção. Desta forma, a parte aberta da gaxeta deve estar voltada para a pressão. Gaxetas U-ring são gaxetas de baixa pressão, para ser usadas com pressões menores de 1.000 psi.

Juntas de Vedação (Gaskets)

Juntas de vedação são usadas como vedadores estáticos (estacionários) entre duas superfícies planas. Alguns dos materiais de juntas mais comuns são amianto, cobre, cortiça e borracha. Amianto laminado é usado sempre que se precisar de uma junta de vedação resistente ao calor. É bastante usado em sistemas de escapamento. A maioria das juntas de vedação de amianto dos sistemas de escapamento tem uma fina

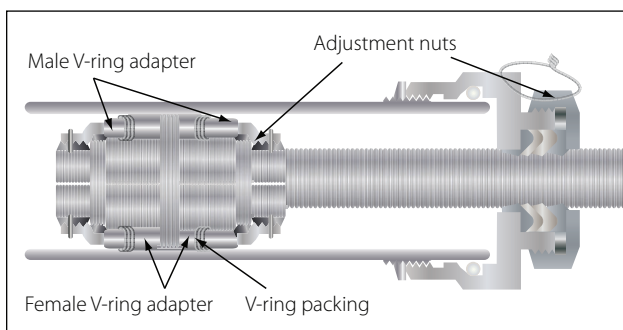


Figura 5-17.

lâmina de cobre nas bordas para prolongar sua vida. Uma sólida arruela de cobre é usada para vedação das velas de ignição, onde é necessário uma junta macia e não compressível.

Juntas de vedação de cortiça podem ser usadas em vedação para o óleo, entre o cárter do motor e acessórios, e onde for necessário que a junta de vedação seja capaz de ocupar um espaço irregular ou diferente, devido a uma superfície irregular ou sujeita a expansão e contração.

Juntas de vedação laminadas de borracha podem ser usadas onde houver a necessidade de juntas compressíveis. Elas não devem ser usadas em nenhum local onde possam entrar em contato com gasolina ou óleo, porque a borracha se deteriora muito rapidamente quando em contato com estas substâncias. Juntas de vedação são usadas em sistemas de fluidos em torno de tampas de cilindros de atuação, válvulas, ou outras unidades. A junta de vedação é normalmente utilizada para este propósito tem o formato semelhante ao de um anel de vedação O-ring.

Limpadores

Limpadores são utilizados para limpar e lubrificar a parte exposta dos eixos do cilindro. Eles evitam que a sujeira entre no sistema e ajudam a proteger o eixo do cilindro contra arranhões.

Os limpadores podem ser tanto metálicos como de feltro. Eles são algumas vezes usados juntos, um limpador de feltro instalado atrás de um metálico.

Selantes

Algumas áreas da aeronave são vedadas para suportar a pressurização do ar, evitar vazamento de combustível, evitar a passagem de gases ou prevenir a corrosão, vedando contra as intempéries. A maioria dos selantes consiste de dois ou mais ingredientes, em proporções adequadas, para se obter os melhores resultados. Alguns materiais vêm prontos para uso, mas outros precisam ser misturados antes da aplicação.

Selantes Simples

Selantes simples são preparados pelo fabricante e vêm prontos para uso. Porém a consistência de alguns destes selantes pode ser alterada para satisfazer um determinado método de aplicação. Se for necessário afinar o selante deve-se utilizar o solvente recomendado pelo fabricante do selante.

Selantes Compostos

Os selantes compostos exigem embalagens separadas para evitar que a cura, ou endurecimento, não aconteça antes da aplicação e são identificados como o composto selante base e o acelerador (catalisador). Qualquer alteração da proporção descrita reduzirá a qualidade do material. Os selantes compostos são, geralmente, misturando-se porções iguais (por peso) da base e do catalisador.

Todos os materiais selantes deve ser cuidadosamente pesado de acordo com as recomendações do fabricante. O material selante é normalmente pesado em uma balança equipada com pesos especialmente preparados para as várias quantidades de selante e acelerador.

Antes de pesar os materiais selantes agite completamente tanto o selante base como o acelerador. Não utilize um acelerador que estiver seco, embolotado ou em flocos. Os kits de selantes pré-pesados não necessitam de pesagem da base e do catalisador antes da mistura quando se for misturar toda a quantidade das embalagens.

Após determinar a quantidade correta da base selante e do acelerador adicione o acelerador na base selante. Imediatamente após isso misture totalmente as duas partes. Misture o material com cuidado para evitar que o ar fique preso na mistura. Um processo de mistura rápido ou prolongado demais provocará aquecimento da mistura e encurtar o tempo de aplicação (tempo de trabalho) do selante.

Para garantir que a mistura está bem feita faça um teste, espalhando uma pequena quantidade em uma superfície de vidro plana e limpa. Se aparecerem escamas ou bolinhas continue o processo de mistura. Se mesmo assim elas não forem eliminadas descarte esta mistura.

A vida útil da mistura varia de 30 minutos até 4 horas (dependendo da classe do selante), portanto ele deve ser aplicado o mais rápido possível ou guarde em refrigeração. A Figura 5-18 representa informações gerais relacionadas a vários selantes.

A taxa de cura das misturas selantes varia com as mudanças de temperatura e umidade. A cura dos selantes será extremamente lenta se a temperatura estiver abaixo de 60°F. A temperatura de 77°F, com 50 por cento de umidade relativa do ar, é a condição ideal para a cura da maioria dos selantes.

A cura pode ser acelerada pelo aumento de temperatura, mas ela nunca deve estar acima de 120°F em

qualquer momento durante do ciclo de cura. Calor pode ser aplicado usando-se lâmpadas infravermelhas ou ar aquecido. Se o ar aquecido for utilizado ele deve ser filtrado para que fique livre de qualquer tipo de sujeira.

Não se deve aplicar calor em qualquer superfície de contato com selante até que o trabalho esteja realizado. Todas as aplicações da superfície de contato devem ter todas as ligações permanente ou temporárias completas, dentro das limitações de aplicações do selante.

O selante deve ser curado para uma condição de livre toque antes da aplicação do acabamento. A consistência livre de toque é o ponto no qual uma folha de papel celofane, pressionada contra o selante, não ficará mais colada.

Aircraft Hardware

Aircraft hardware é o termo utilizado para se descrever os diversos tipo de FASTENERS (fixadores) e diversos pequenos itens utilizados na construção e reparo de aeronaves. A importância do AIRCRAFT HARDWARE é muitas vezes negligenciada, em virtude do seu tamanho pequeno. Contudo, a segurança e eficiência das operações, de qualquer aeronave, depende muito da correta seleção e uso do AIRCRAFT HARDWARE.

Uma aeronave, mesmo que feita dos melhores materiais e peça mais fortes, terá um valor duvidoso a não ser que estas peças estejam firmemente presas. Existem diversos métodos utilizados para unir o metal, incluindo rebitação, parafusamento, brasagem e soldagem. O processo utilizado deve fazer com que a união das partes seja tão forte quando as mesmas.

Identificação

A maioria dos itens de AIRCRAFT HARDWARE são identificados por sua numeração específica ou nome comercial. THREADED FASTENERS (Fixadores rosqueados - fios de rosca) e rebites são normalmente identificados por números NA (Air Force-Navy), NAS (National Aircraft Standard) ou MS (Military Standard). Os prendedores de desconexão rápida são normalmente identificados pelo nome comercial da fábrica e designações de tamanho.

Prendedores Rosqueados

Diversos tipos de dispositivos de fixação permitem uma rápida desmontagem ou recolocação de partes da aeronave que devem ser separadas e reconectadas em

Sealant Base	Accelerator (Catalyst)	Mixing Ratio by Weight	Application Life (Work)	Storage (Shelf) Life After Mixing	Storage (Shelf) Life Unmixed	Temperature Range	Application and Limitations
EC-801 (black) MIL-S-7502A Class B-2	EC-807	12 parts of EC-807 to 100 parts of EC-801	2–4 hours	5 days at –20°F after flash freeze at –65°F	6 months	–65°F to 200°F	Faying surfaces, fillet seals, and packing gaps
EC-800 (red)	None	Use as is	8–12 hours	Not applicable	6–9 months	–65°F to 200°F	Coating rivet
EC-612 P (pink) MIL-P-20628	None	Use as is	Indefinite non-drying	Not applicable	6–9 months	–40°F to 200°F	Packing voids up to 1/4 inch
PR-1302HT (red) MIL-S-8784	PR-1302HT-A	10 parts of PR-1302HT-A to 100 parts of PR-1302HT	2–4 hours	5 days at –20°F after flash freeze at –65°F	6 months	–65°F to 200°F	Sealing access door gaskets
PR-727 potting compound MIL-S-8516B	PR-727A	12 parts of PR-727A to 100 parts of PR-727	1½ hours minimum	5 days at –20°F after flash freeze at –65°F	6 months	–65°F to 200°F	Potting electrical connections and bulkhead seals
HT-3 (greygreen)	None	Use as is	Solvent release, sets up in 2–4 hours	Not applicable	6–9 months	–60°F to 850°F	Sealing hot air ducts passing through bulkheads
EC-776 (clear amber) MIL-S-4383B	None	Use as is	8–12 hours	Not applicable	Indefinite in airtight containers	–65°F to 250°F	Top coating

Figura 5-18.

intervalos frequentes. Rebitar ou soldar estas partes a cada vez iria causar um enfraquecimento ou até mesmo estragar a junta. Além disso algumas juntas requerem uma maior resistência a tensão e dureza do que os rebites podem proporcionar. BOLTS e SCREWS são dois tipos de dispositivos de fixação que proporcionam a segurança necessária de segurança e rigidez. Normalmente os BOLTS são utilizadas onde se precisa de muita resistência, e os SCREWS onde a resistência não é o fator decisivo. BOLTS e SCREWS são muito parecidos, em diversos aspectos. Ambos são utilizados para prender ou segurar, e ambos têm uma cabeça em uma extremidade e fios de rosca na outra. Apesar destas similaridades existem diversas diferenças entre os dois. A ponta com fios de rosca de um PARAFUSO é sempre rombuda enquanto que a de um SCREW pode ser rombuda ou pontuda.

O fio de rosca de um PARAFUSO (parafuso para mecânica) normalmente tem uma porca atarrachada para completar o conjunto. O fio de rosca de um SCREW (parafuso de rosca soberba) pode se encaixar em um encaixe fêmea ou diretamente no material que ele estará fixando. Um PARAFUSO tem um seção rosqueada relativamente curta em relação ao comprimento, enquanto que um SCREW tem a seção rosqueada mais longa e não tem uma parte lisa em definida. Um conjunto de PARAFUSO é geralmente apertado girando-se pela porca, e a cabeça do parafuso pode ou não ser projetada para apertar o conjunto. Um SCREW é sempre apertado girando sua cabeça.

Quando for necessário substituir dispositivos de fixação em aeronaves deve-se usar uma duplicata do original, sempre que possível. Se não houver disponibilidade de uma duplicata tenha muito cuidado para

selecionar um substituto.

Classificação dos Fios de Rosca

Parafusos para aeronaves, parafusos de rosca soberba (SCREWS) e porcas para aeronaves são fabricados em um dos seguintes fios de rosca: NC (American National Coarse), NF (American National Fine), UNC (American Standard Unified Coarse) ou UNF (American Standard Unified Fine). Há uma diferença entre o American National e American Standard Unified que deve ser salientada. Nos itens de 1 polegada de diâmetro, o NH especifica 14 fios de rosca por polegada (1-14 NF) enquanto que o UNF especifica 12 fios por polegada (1-12 UNF). Ambos tipos de fios de rosca são designados pelo número de vezes que a rosca gira em 1 polegada de comprimento de um determinado diâmetro de BOLT ou SCREW. Por exemplo, um fio de rosca de 4-28 indica que um parafuso de diâmetro de $\frac{1}{4}$ polegada ($\frac{4}{16}$ polegada) tem 28 fios de rosca em 1 polegada da sua parte rosqueada.

As roscas também são designadas por sua classe de acabamento. A classe da rosca indica a tolerância permitida na sua produção, com referência a sua instalação nos furos do material a ser preso ou fixado. PARAFUSOS de aeronaves são quase sempre produzidos em Classe 3.

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, tipos 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” – ajuste forte ou ajuste sob pressão, destinado a requisitos especiais. Os parafusos de ajustes sob pressão são instalados com ferramentas ou máquinas.

O Classe 4 precisa de uma chave para girar a porca no parafuso, enquanto que no Classe 1 o mesmo trabalho pode ser feito com os dedos. Geralmente os SCREWS

de aeronaves são fabricados em rosca Classe 2 para facilitar a montagem.

Parafusos e porcas também são fabricados com rosca-direita e rosca-esquerda. A rosca-direita gira no sentido horário e a rosca-esquerda no sentido anti-horário.

Parafusos de Aeronaves

Parafusos de aeronaves são fabricados em aço resistente a corrosão e recebem banho de cádmio ou zinco, ou são de liga de alumínio anodizado. A maioria dos parafusos usados em aeronaves pode ser do tipo padrão, AN, NAS com encaixe para ferramentas, parafuso de tolerância mínima ou MS. Em alguns casos o fabricante da aeronave faz parafusos em dimensões diferentes ou de maior resistência do que os do tipo padrão. Tais parafusos são produzidos para uma determinada aplicação e são de extrema importância utilizar parafusos iguais em caso de substituição. Os parafusos especiais normalmente são identificados pela letra “s” estampada na cabeça.

Os parafusos AN tem 3 estilos de cabeça: hexagonal, Clevis e com olhal. [Figura 5-19] Os parafusos NAS estão disponíveis no estilo hexagonal, com encaixe para ferramentas na cabeça e com a cabeça escariada. Os parafusos MS têm estilo hexagonal e com encaixe para ferramentas na cabeça.

Parafusos de Uso Geral

O parafuso de cabeça hexagonal para aeronaves (AN-3 até o AN-20) é um parafuso para uso geral estrutural utilizado para diversas aplicações que envolvam carga de tensão e cisalhamento onde for possível um LIGHT DRIVE FIT (0,006 polegada de tolerância para um furo de $\frac{5}{8}$ polegada, e outros tamanhos nesta proporção).

Parafusos de ligas de aço menores que No. 10-32 e parafusos de liga de alumínio menores de $\frac{1}{4}$ de polegada de diâmetro não são utilizados em estruturas primárias. Parafusos de liga de alumínio e porcas não são utilizados em locais onde serão repetidamente removidos para inspeções e manutenção. Porcas de ligas de alumínio podem ser usadas com parafusos de aço revestidos de cádmio, que sofram cargas de cisalhamento, em aviões terrestres, mas não são utilizados em hidroaviões devido ao aumento da possibilidade de corrosão do metal.

O parafuso AN-73 de cabeça perfurada é similar ao parafuso hexagonal padrão, mas tem cabeça mais profunda que é perfurada para receber um arame de segurança (DE FRENO). Os parafusos AN-3 e AN-73 são

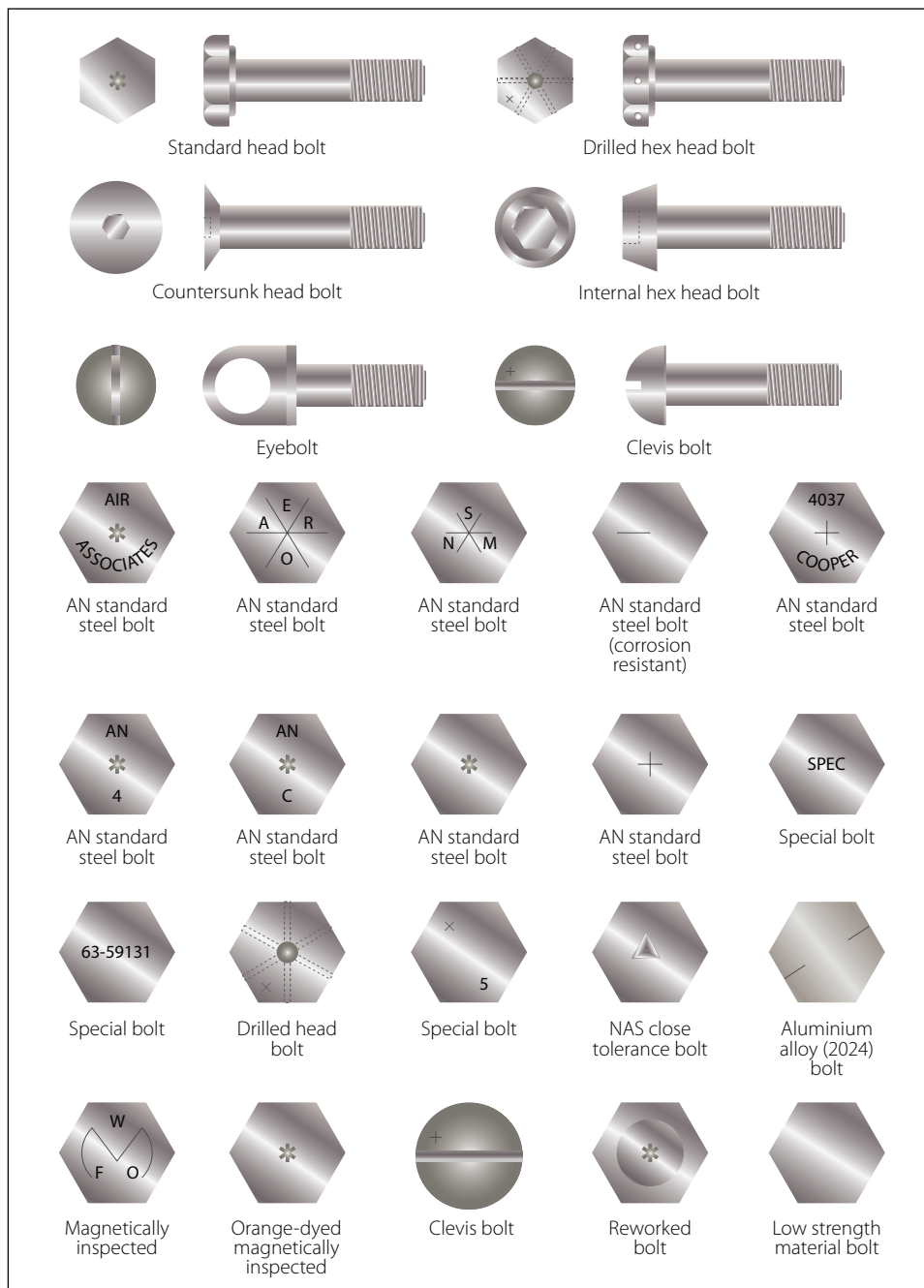


Figura 5-19.

intercambiáveis, para todas aplicações práticas, do ponto de vista de tensão à resistência ao cisalhamento.

Parafusos de Baixa Tolerância

Este tipo de parafuso é usinado de forma mais precisa do que os parafusos para uso geral. Parafusos de baixa tolerância podem ter cabeça hexagonal (NA-173 até NA-186) ou ter cabeça chanfrada a 100° (NAS-80 até NAS-86). São usados em aplicações onde é necessária ajustagem forte. (O parafuso será movido para sua posição apenas quando receber uma pancada de um martelo de 12 ou 14 onças.)

Parafusos Com Encaixe de Cabeça Para Adaptação de Chave

Estes parafusos (MS-2004 até MS-2024 ou NAS-495) são fabricados com aço de alta resistência e apropriados para uso em aplicações onde são exigidos esforços de tensão e cisalhamento. Quando são utilizados em peças de aço o furo para o parafuso deve ser levemente escareado para encaixar o grande raio do ângulo formado entre o corpo e a cabeça. Em material DURAL uma arruela especial, termicamente tratada, deve ser utilizada para proporcionar superfície de apoio adequada para a cabeça. A cabeça do parafuso com cabeça para chave é recuado para permitir a in-

serção de uma chave interna para instalar ou remover o parafuso. Porcas especiais de alta resistência são usadas com estes parafusos. Substitua um parafusos com cabeça para chave por outro igual. Os parafusos de cabeça hexagonal e arruelas não podem ser substituídos por eles, tendo em vista que não possuem a resistência necessária.

Identificação e Codificação

Os parafusos são manufaturados em diversos formatos e variedades. Um método claro de classificação é difícil. Parafusos podem ser identificados pelo formato da cabeça, método de fixação, material utilizado na fabricação, ou utilização esperada.

Parafusos de aeronaves do tipo AN podem ser identificados por marcações de código na cabeça. As marcações geralmente mostram o fabricante, o material de que é feito e se o parafuso é um tipo AN padrão ou para um propósito especial. Parafusos AN padrão de aço e marcados com um traço ou asterisco; os de aço resistente a corrosão são indicados por um único traço; um parafuso AN de liga de alumínio é marcado com dois traços. Mais informações, tais como diâmetro, comprimento, aperto adequado são obtidos pelo número de parte.

Por exemplo, em um número de parte AN3DD5A, o “AN” indica que é um parafuso Air Force-Navy Standard, o “3” indica o diâmetro em dezesseis avos de polegada (3/16), o “DD” indica que o material é liga de alumínio 2024. Uma letra “C” no lugar do “DD” indicaria aço resistente a corrosão, e a ausência de letras indicaria aço chapeado com cádmio. O número “5” indica o comprimento em oitavos de polegada (5/8) e o “A” indica que não possui furo para contrapino. Se a letra “H” viesse antes do “5”, além do “A” que o segue, isso indicaria que a cabeça é perfurada para segurança.

Parafusos de baixa tolerância NAS são marcados com um triângulo elevado ou rebaixado. As marcações de materiais para os parafusos NAS são as mesmas que os NA, exceto que podem estar tanto elevadas quanto rebaixadas. Parafusos inspecionados magneticamente (Magnaflux) ou por método fluorescente (Zyglo) são identificados por um verniz colorido, ou uma marcação especial na cabeça.

Parafusos Para Propósitos Especiais

Parafusos projetados para uma determinada aplicação ou classificados para um determinado propósito. Pa-

rafusos Clevis, de olhal, Jo-bolts e lockbolts.

PARAFUSO Clevis

A cabeça de um parafuso Clevis é redonda e pode ser fendida para receber uma chave de fenda comum ou para receber uma chave em ponta de cruz. Este tipo de parafuso é usado apenas onde somente ocorrem cargas de cisalhamento, e nunca em tensão. Normalmente são inseridos com um pino mecânico e um sistema de controle.

Parafuso de Olhal

Este tipo de parafuso para propósitos especiais é usado onde cargas de tensão externa são aplicadas. O parafuso de olhal é projetado para ser fixado em peças como o garfo de um esticador, um pino Clevis ou um terminal de cabo. A extremidade com rosca pode ter orifício para contrapino ou não.

Jo-bolt

Jo-bolt é o nome comercial de um rebite com rosca interna composto por três partes. O Jo-bolt é feito de três partes – um parafuso de liga de aço, uma porca de aço com rosca e uma luva expansível e aço inoxidável. Estas partes vêm pré-montadas de fábrica. Quando o Jo-bolt for instalado o parafuso é girado enquanto seguram a porca. Isso faz com que a luva se expanda em direção ao final da porca, formando uma cabeça cega e apertando o trabalho. Quando a rotação do parafuso estiver completa e porção do parafuso se quebra. A alta resistência a tensão e cisalhamento apresentados pelo Jo-bolt fazem dele apropriado para uso em casos de grande esforço onde alguns dos outros BLIND FASTENERS não seriam práticos. Os Jobolts são muitas vezes parte de uma estrutura permanente da estrutura de aeronaves antigas. São usados em áreas que não estão sujeitas a frequentes manutenções ou substituições. (Por causa da sua estrutura em três partes não devem ser usados onde qualquer parte, caso se solte, pode ser puxada para a entrada de ar do motor.) Outra vantagem de ser usar Jobolts é sua excelente resistência a vibração e rápida instalação por uma pessoa.

Atualmente os Jobolts estão disponíveis em quatro diâmetros: a série 200, de aproximadamente 3/16 polegada de diâmetro; série 260, aproximadamente 1/4 polegada de diâmetro; série 312, aproximadamente 5/16 polegada de diâmetro e a série 375 de aproximadamente 3/8 polegada de diâmetro. Os Jo-bolts estão disponíveis em três estilos de cabeça: F (flush), P (hexagonal) e FA (millable).

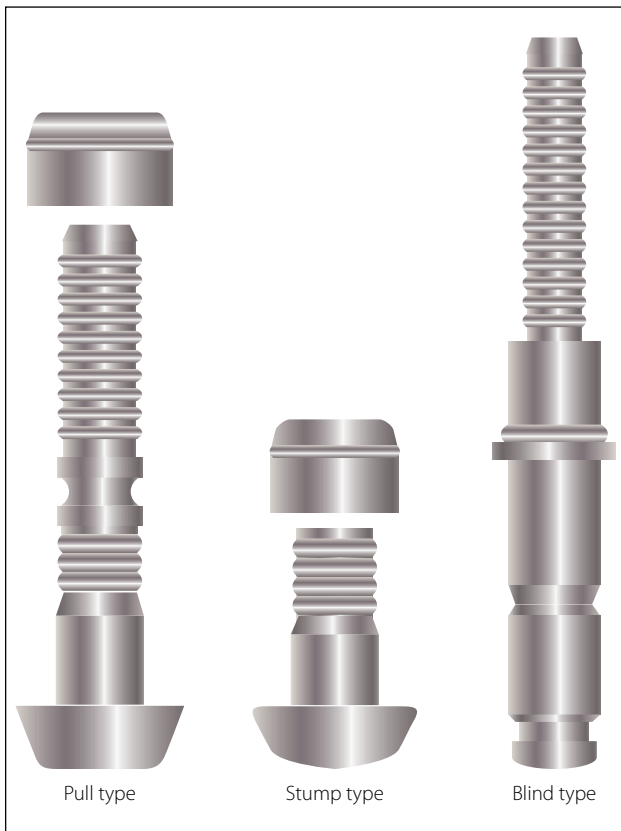


Figura 5-20.

Lockbolts (Parafusos de Retenção)

Lockbolts são usados para ligar, de forma permanente, dois materiais. Eles são extremamente leves e tem a mesma resistência de parafusos padrão. São fabricados por diversas empresas e de acordo com os padrões estabelecidos, que especificam o tamanho da cabeça do lockbolt em relação ao diâmetro do corpo, mais a liga utilizada em sua produção. A única desvantagem na instalação de lockbolts é que eles não podem ser facilmente removidos, se comparado com porcas e parafusos.

O lockbolt combina as características de um parafuso de alta resistência e um rebite, e tem vantagens sobre ambos. O Lockbolt é normalmente usado na junção das asas, ferragens do trem de pouso, ferragens da célula de combustível, longarinas, vigas, união dos revestimentos e outras uniões importantes da estrutura. É instalado de forma mais rápida e fácil do que o parafuso ou rebite convencional e elimina o uso de arruelas-freno, contrapinos e porcas especiais. Assim como um rebite, o lockbolt requer um martelo pneumático ou uma “pull gun” para instalação. Uma vez instalado ele está posicionado de forma rígida e permanente. Existem três tipos de lockbolt usados regularmente: convencional, curto e cego. [Figura 5-20]

Convencional (pull type)

são instalados de forma muito rápida e tem aproximadamente metade do peso equivalente a parafusos e porcas NA. Um equipamento pneumático especial “pull gun” é necessário para fazer sua instalação, que pode ser realizada por uma pessoa porque não é necessário o uso de barra encontradora.

Curto (stump type)

Os lockbolts curtos não tem a haste tão comprida como os convencionais mas são considerados semelhantes na utilização. Utilizados primariamente onde o espaço não permite a instalação do tipo convencional. Um rebitador automático padrão (com um martelo para estampar e colar na ranhura do pino) e uma barra encontradora são as ferramentas necessárias para a instalação dos lockbolts curtos.

Cego (blind type)

Os lockbolts do tipo cego são conjuntos completos. Eles tem uma força excepcional e a característica de forçar a união das chapas. Lockbolt cegos são utilizados quando temos acesso a apenas um dos lados do trabalho e, geralmente, existe dificuldade de se cravar um rebite tradicional. Este tipo de lockbolt é instalado da mesma maneira que um lockbolt convencional

Características Comuns

As características comuns dos três tipos de lockbolts são as ranhuras de travamento do pino e o colar de travamento, que é estampado dentro das ranhuras de travamento do pino travando-o sob tensão. Os pinos dos tipos convencional e cego são compridos para instalação por tração. A extensão tem ranhuras e um sulco de quebra de tensão.

Composição

Os pinos dos lockbolts do tipo convencional e cego são feitos de liga de aço tratadas termicamente ou ligas de alumínio de alta resistência. Os colares de conjunto são feitos de ligas de alumínio ou aço macio. O lockbolt do tipo cego consiste de um pino de liga de aço tratado termicamente, uma luva cega e uma luva cônica, colar de aço macio e arruela de aço carbono.

Substituição

Lockbolts de ligas de aço podem ser usados para substituir rebites de aço de alto cisalhamento, rebites de aço sólido ou parafusos AN do mesmo diâmetro e tipo de cabeça. Lockbolts de liga de alumínio podem ser usados para substituir rebites de liga de alumínio sólido de mesmo diâmetro e tipo de cabeça. Lockbolts de aço e ligas de alumínio podem ser usados para

Grip No.	Grip Range		Grip No.	Grip Range	
	Min.	Max.		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 5-21.

substituir parafusos de aço e de liga de alumínio 2024, respectivamente, do mesmo diâmetro. Lockbolts cegos podem ser usados para substituir rebites de liga de alumínio sólido, rebites de aço inoxidável ou todos os rebites cegos do mesmo diâmetro.

Sistema de Numeração

Os sistemas de numeração dos vários tipos de lockbolt são explicados na Figura 5-23.

Espessura do Material (GRIP RANGE)

Para determinar o tamanho do parafuso necessário meça a espessura do material com uma escala de gancho inserida no furo. Após determinar esta medida

Pin diameter	Tolerance	
	Below	Above
$\frac{3}{16}$	0.079	to 0.032
$\frac{1}{4}$	0.079	to 0.050
$\frac{5}{16}$	0.079	to 0.050
$\frac{3}{8}$	0.079	to 0.060

Figura 5-22.

Quando instalado o colar do lockbolt deve estar estampado em toda extensão do colar. A tolerância da parte do pino a ser quebrada com relação a parte superior do colar deve estar dentro das dimensões fornecidas na Figura 5-22.

Quando a remoção de um lockbolt se fizer necessária remova o colar partindo-o ao meio, no sentido axial, com uma talhadeira bem afiada. Tome cuidado para não deformar o furo. É aconselhável o uso de uma barra de encontro do lado oposto do colar que está sendo rompido. O pino então poderá ser removido com o auxílio de um punção.

Porcas de Aeronaves

As porcas de aeronaves são feitas em uma grande variedade de formas e tamanhos. Elas são feitas de aço carbono revestido de cádmio, aço inoxidável, ou ligas de alumínio 2024T anodizadas, e podem ser obtidas com rosca-esquerda ou rosca-direita. Não existem marcas ou letras de identificação nas porcas. Elas podem ser identificadas apenas por suas características metálicas, lustre ou cor do alumínio, bronze, ou o encaixe quando a porca for do tipo autofreno. Elas também podem ser identificadas por sua construção.

Porcas de aeronaves podem ser identificadas em dois grupos gerais: comuns e autofreno. Porcas comuns são aquelas que devem ser freadas por um dispositivo externo, como um contrapino, arame de segurança ou contr-porca. Porcas autofreno contem características de frenagem como parte integral.

Porcas Comuns

A maioria dos tipos familiares de porcas, incluindo a porca lisa, porca castelo, porca castelada de cisalhamento, sextavada lisa, hexagonal leve e lisa leve são porcas comuns. [Figura 5-25]

A porca castelo, AN310, é usada com parafusos de haste perfurada AN de cabeça hexagonal, parafusos Clevis, de olhal, de cabeça com furo ou parafuso de cravo. É bem robusta e pode suportar grandes cargas de tensão. As ranhuras da porca, chamadas de caste-

<p>Pull-type lockbolt ALPP H T 8 8</p> <p>ALPP Head type ACT509 = close tolerance AN-509 C-sink head ALPP = pan head ALPB = brazier head ALP509 = standard AN-509 C-sink head ALP426 = standard AN-426 C-sink head</p> <p>H Class fit H = hole filling (interference fit) N = non-hole filling (clearance fit)</p> <p>T Pin Materials E = 75S-T6 aluminum alloy T = heat-treated alloy steel</p> <p>8 Body diameter in 32nds of an inch</p> <p>8 Grip length in 16ths of an inch</p> <p>Blind-type lockbolt BL 8 4</p> <p>BL Blind Lockbolt</p> <p>8 Diameter in 32nds of an inch</p> <p>4 Grip length in 16ths of an inch, $\pm \frac{1}{32}$ inch</p>	<p>Lockbolt collar LC C C</p> <p>LC Lockbolt collar</p> <p>C Material C = 24ST aluminum alloy (green color). Use with heat-treated alloy lockbolts only. F = 61ST aluminum alloy (plain color). Use with 75ST aluminum alloy lockbolts only. R = mild steel (cadmium plated). Use with heat-treated alloy steel lockbolts for high temperature applications only.</p> <p>C Diameter of a pin in 32nds of an inch</p> <p>Stump-type lockbolt ALSF E 8 8</p> <p>ALSF Head type ASCT509 = close tolerance AN-509 C-sink head ALSF = flathead type. ALS509 = standard AN-509 C-sink head ALS426 = standard AN-426 C-sink head</p> <p>E Pin materials E = 75S-T6 aluminum alloy T = heat-treated alloy steel</p> <p>8 Body diameter in 32nds of an inch</p> <p>8 Grip length in 16ths of an inch</p>
--	--

Figura 5-23.

los, são projetadas para acomodar um contrapino ou arame de freio para segurança.

A porca castelada de cisalhamento, AN320, é projetada para ser utilizada com equipamentos (tais como parafusos furados Clevis e pinos cônicos de rosca) que normalmente são sujeitos apenas a tensão de cisalhamento. Assim como a porca castelo ela é castelada por segurança. Repare, porém, que esta porca não é tão profunda ou forte quando a porca castelo e que também as ranhuras não são tão profundas quanto as da porca castelo.

A porca sextavada lisa, AN315 e AN335 (rosca fina e rosca grossa) é de construção robusta. Isto a torna apropriada para grandes cargas de tensão. Contudo, tendo em vista que requer um dispositivo auxiliar de travamento, como uma contraporca ou arruela de freio, seu uso em estruturas de aeronaves é limitado.

A porca hexagonal leve, AN340 e AN345 (rosca fina e rosca grossa) é uma porca muito mais leve do que a porca sextavada lisa e requer um dispositivo auxiliar de travamento. É utilizada em diversas aplicações de baixa tensão.

A porca lisa leve, AN316, é empregada como um dispositivo de travamento para porcas planas, parafusos

Grip No.	$\frac{1}{4}$ -inch Diameter		Grip No.	$\frac{5}{16}$ -inch Diameter	
	Min.	Max.		Min.	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	1.344	1.406	23	1.406	1.469
23	1.406	1.469	24	1.460	1.531
24	1.469	1.531			
25	1.531	1.594			

Figura 5-24.

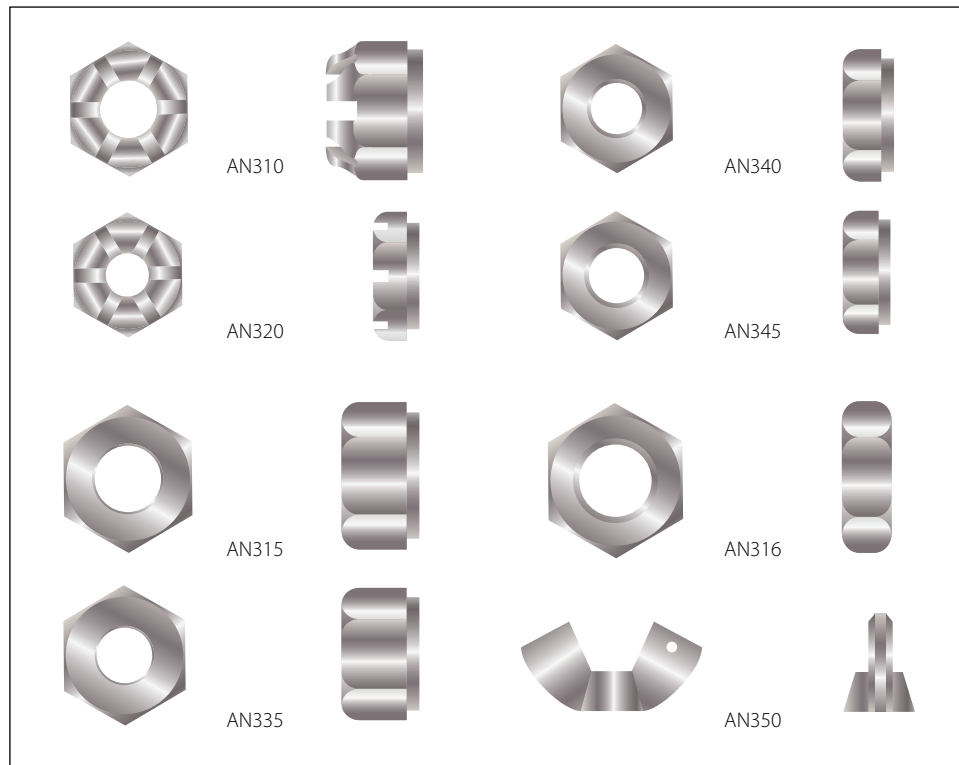


Figura 5-25.

de retenção, terminais com rosca e outros dispositivos.

A porca borboleta, AN350, é projetada para ser utilizada onde a firmeza de aperto desejada pode ser obtida com os dedos e onde os conjuntos são frequentemente removidos.

Porcas Autofreno

Como o próprio nome indica as porcas autofreno não precisam de nenhum mecanismo auxiliar de segurança, pois tem uma característica de segurança que faz parte integral da sua construção. Muitos tipos de porcas autofreno foram projetadas e seu uso foi rapidamente difundido. Aplicações comuns são: (1) fixação de mancais antifricção e polias de controle; (2) fixação de acessórios, porcas fixas ao redor de janelas de inspeção e aberturas para instalação de tanques pequenos, e (3) fixação de tampas de caixas de balancin e tubos de escapamento de gases. Porcas autofreno são aceitáveis para utilização em aeronaves certificadas, sujeitas as restrições do fabricante.

Porcas autofreno são usada em aeronaves para proporcionar ligações firmes que não se soltem quando sujeitas a fortes vibrações. Não utilize porcas autofreno em juntas quando estas estão sujeitas as porcas ou parafusos estiverem sujeitos a rotação. Elas podem ser usadas com mancais antifricção e polias de controle, desde que a pista interna de rolamento esteja fixada

na estrutura de suporte pela porca e parafuso. As chapas devem estar fixas na estrutura de maneira positiva para eliminar rotação ou desalinhamento quando os parafusos forem apertados.

Os dois tipos de porca autofreno atualmente em uso são do tipo metal e o tipo freno de fibra. Por uma questão de simplicidade apenas três tipos típicos de porcas autofreno são consideradas neste manual: a do tipo Boot e a de aço inoxidável, representando as do tipo metal, e a porca de freno elástico, representando o tipo freno de fibra.

Porca Autofreno Tipo Boot

As porcas autofreno tipo Boot é uma construção de uma peça, toda de metal, projetada para manter a fixação mesmo sob severa vibração. Repare que na Figura 5-26 que ela tem duas seções sendo, em sua essência, duas porcas em uma, uma porca de freno e outra suportadora de carga. Estas duas seções são conectadas por uma mola, que faz parte integrante da porca.

A mola mantém a parte de freno e a parte suportadora da carga a alguma distância uma da outra, de modo que os dois setores de fio de rosca fiquem separados. Tão separados que o parafuso que foi afixado pela seção suportadora de carga deve empurrar a seção de freno para fora, contra a força da mola, para acionar adequadamente a rosca da seção de frenagem.

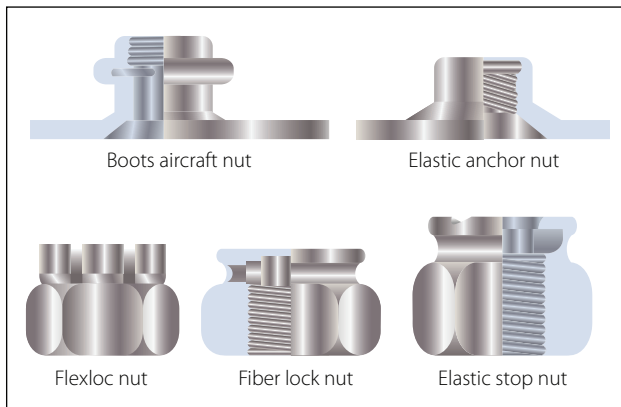


Figura 5-26.

Assim a mola, através da seção de frenagem, exerce sobre o parafuso uma força de frenagem constante, e também na mesma direção da força que aperta a porca. Nesta porca, a seção suportadora de carga tem a resistência da rosca de uma porca padrão, de tamanho comparável, enquanto que a sessão de frenagem pressiona contra a rosca do parafuso e prende a porca, firmemente, na posição. Apenas uma chave, aplicada na porca, a soltará. A porca pode ser removida e reutilizada sem perder sua eficiência.

Porcas autofreno tipo Boot são feitas com três estilos diferentes de molas, e em vários formatos e tamanhos. O tipo borboleta é o mais comum e os tamanhos variam do No. 6 até ¼ de polegada, o Rol-top varia de ¼ de polegada até 1/6 de polegada, e os tipos BELLOWS (fole) variam do No. 8 até 3/8 de polegada. As porcas tipo

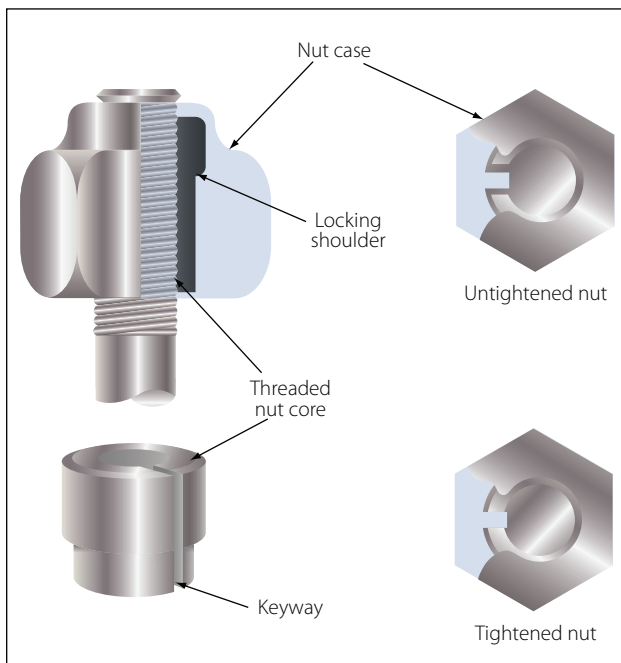


Figura 5-27.

borboleta são feitas de ligas de alumínio anodizadas, aço carbono revestido de cádmio, e os tipos BELLOWS (fole) são feitos apenas de ligas de alumínio.

Porca Autofreno de Aço Inoxidável

A porca autofreno de aço inoxidável pode ser colocada e retirada com os dedos, porque a aço de frenagem acontece apenas quando a porca é posicionada contra uma superfície sólida e apertada. A porca consiste de duas partes: (1) o corpo com um ressalto chanfrado para frenagem com chaveta e uma peça com rosca e (2) uma ranhura de encaixe para a chaveta. Até que a porca seja apertada ela pode girar facilmente sobre o parafuso porque a rosca interna é do tamanho adequado para o parafuso. Contudo, quando a porca é posicionada contra uma superfície sólida e apertada o ressalto de frenagem da peça interna é puxado para baixo e forçado contra o ressalto de frenagem do corpo da porca. Esta ação comprime a rosca interna e faz com que esta aperte firmemente o parafuso. A vista transversal da Figura 5-27 mostra como a chaveta se encaixa na ranhura interna da peça e quando a porca é girada a peça interna gira com ela. Repare que a ranhura é mais larga que a chaveta. Isso permite que a ranhura seja estreitada e a peça interna comprimida quando a porca for girada.

Porca Elastic Stop

A porca elastic stop é uma porca padrão com a altura aumentada para acomodar um colar de fibra para frenagem. Este colar de fibra é muito duro e durável e não é afetado pela imersão em água quente ou fria ou por solventes comuns, tais como éter, tetracloreto de carbono, óleos e gasolina. Ela não danificará a rosca do parafuso ou sua camada protetora.

Conforme a Figura 5-28 mostra, o colar de fibra para frenagem não tem rosca e seu diâmetro interno é menor que o maior diâmetro da porção com rosca ou o diâmetro externo do parafuso correspondente. Quando a porca é fixada em um parafuso ela age como uma porca normal até o momento em que o parafuso alcança o colar de fibra. Quando o parafuso é fixado no colar de fibra a fricção (ou resistência) faz com que a fibra seja empurrada para cima. Isto cria uma alta pressão para dentro da parte suportadora da carga e automaticamente forçando a parte suportadora da carga da porca a entrar em contato positivo com a rosca do parafuso. Depois do parafuso ter sido totalmente forçado pelo colar de fibra a pressão para baixo permanecerá constante. Esta pressão frena e mantém a porca bem presa no lugar mesmo sob severa vibração.

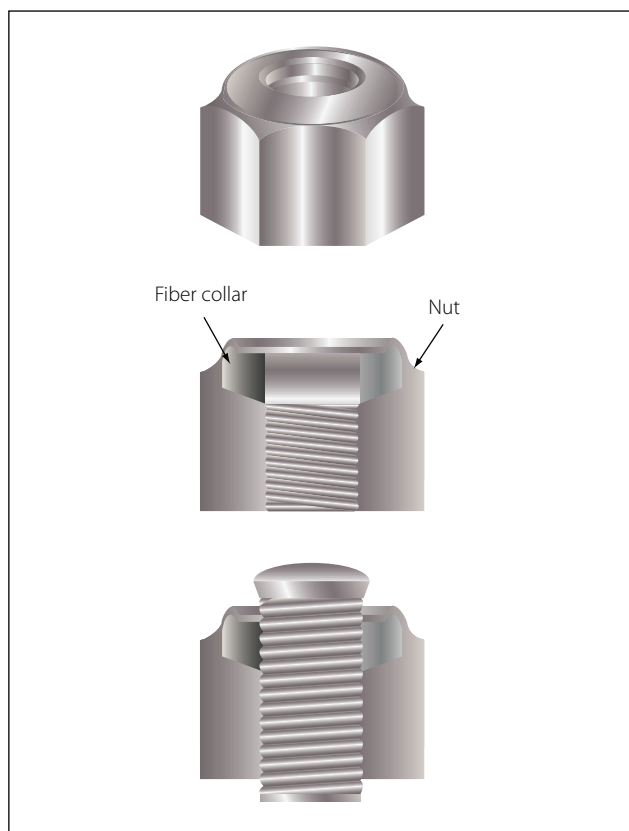


Figura 5-28.

Quase todas porcas elastic stop são feitas de aço ou liga de alumínio. Porém elas podem estar disponíveis em quase todos os tipos de metal. Porcas elastic stop de ligas de alumínio são fornecidas com acabamento anodizado. As porcas de aço são chapeadas com cádmio.

As porcas elastic stop podem ser normalmente utilizadas diversas vezes com completa segurança e sem detrimento da sua eficiência de travamento. Quando as porcas elastic stop estiverem sendo reutilizadas certifique-se de que a fibra não tenha perdido a sua fricção de travamento ou se tornado quebradiça. Se for possível girar a porca com os dedos ela deve ser substituída.

Após a porca ter sido apertada certifique-se de que a ponta do parafuso ou prisioneiro ultrapassou completamente a parte superior da porca no mínimo 1/32 polegada. Parafusos de 5/16 polegada de diâmetro e mais, com orifício para contrapino podem ser utilizados com porcas autofreno, mas apenas se estiverem livres de arestas nas margens dos furos. Parafusos com rosca danificada e pontas ásperas não são aceitáveis. Não se deve abrir rosca na fibra da porca autofreno. A ação de autofreno da porca elastic stop é o resultado do próprio parafuso ter aberto a rosca no colar de fibra.

Não instale porcas elastic stop em locais onde a temperatura fique acima de 250°F, porque a eficiência da ação de frenagem se reduz além deste ponto. Porcas autofreno podem ser usadas em motores de aeronaves quando seu uso é especificado pelo fabricante do motor.

As porcas autofreno são feitas de diversos materiais e formas para serem rebitadas ou soldadas na estrutura ou partes da aeronave. [Figura 5-29] Determinadas aplicações exigem a instalação de porcas autofreno em canais ou trilhos, que permite a fixação de diversas porcas com apenas alguns rebites. Nestes canais ou trilhos as porcas são posicionadas de forma espaçada, e podem ser do tipo removível ou não. As porcas removíveis podem ser retiradas do canal facilmente sem causar danos. As porcas do tipo CLINCH e SPINE, que dependem de fricção para fixação, não são adequadas para o uso em aeronaves.

Chapas de Porca

Chapas de porca, assim como porcas rápidas, são usados com parafusos padrão e parafusos de rosca soberba em partes não estruturais. Eles tem várias utilizações apoiando braçadeiras de tubulações e conduítes, equipamento elétrico, portas de acesso e similares, e estão disponíveis em vários tipos. Porcas rápidas são feitas de aço de mola e arqueadas antes do endurecimento. Esta tranca de arqueamento da mola evita que o parafuso se solte. Estas porcas devem ser utilizadas apenas quando originalmente usadas na fabricação da aeronave.

Porcas com Encaixe Externo ou Interno

Dois tipos comerciais de porcas com encaixe interno ou externo para ferramenta estão disponíveis no mercado. Uma é a elastic stop e a outra é a Unbrako. Ambas são do tipo autofreno, termicamente tratadas, e capazes de oferecer alta resistência à carga de tensão do parafuso.

Identificação e Código

Números de parte designam o tipo de porca. Os tipos comuns e seus respectivos números de parte são: lisa, AN315 e AN335; castelo AN310; lisa leve AN316; hexagonal leve, AN340 e AN345 e castelada de cisalhamento AN320. As de tipo autofreno patenteadas recebem números de parte variando de MS20363 até MS20367. As Boots, Flexlock, autofreno de fibra, elastic stop e autofreno pertencem a este grupo. O número de parte AN350 é da porca borboleta.

Letras e números que vem após o número de parte indicam itens como material, tamanho, roscas por po-

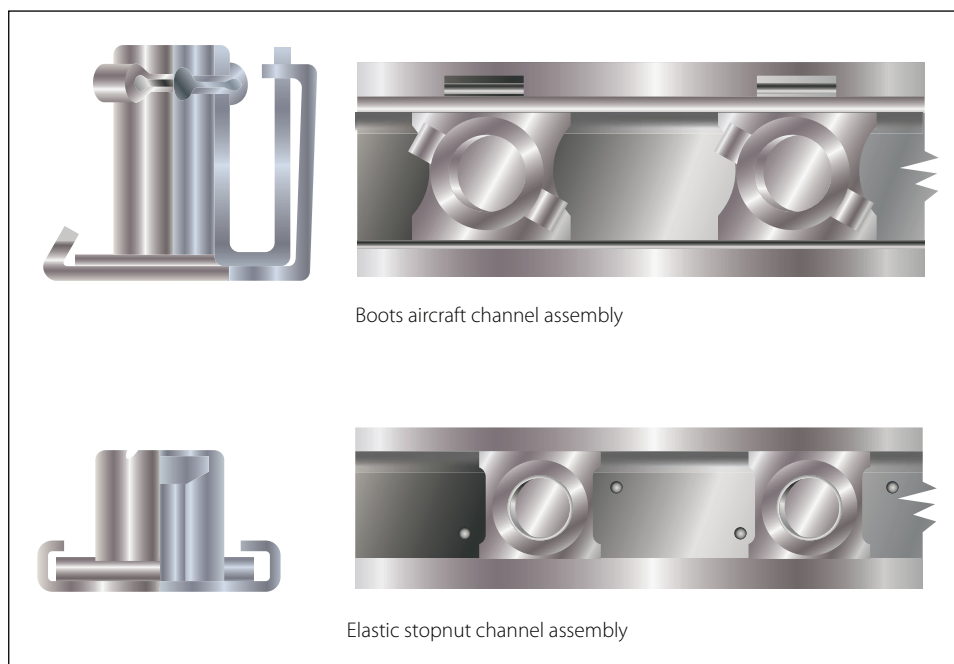


Figura 5-29.

legada e se a rosca é direita ou esquerda. A letra “B” após o número de parte indica que o material da porca é o bronze, um “D” indica liga de alumínio 2017-T, um “C” indica aço inoxidável, e um traço no lugar de uma letra indica aço carbono banhado a cádmio.

O dígito (ou dois) após o traço ou a letra de código do material é o número traço da porca e indica o tamanho do corpo e o número de fios de rosca por polegada do parafuso no qual encaixará a porca. O número traço corresponde ao primeiro número que aparece na parte numérica do código dos parafusos para propósitos gerais. Um traço e o número 3, por exemplo, indicam que a porca encaixará em um parafuso AN3 (10-32); um traço e o número 4 significam que ela se encaixará em um parafuso AN4 (1/4-28); um traço e o número 5, um parafuso NA% (5/16-24); e assim por diante.

Os números de código para porcas autofreno terminam em números de terminam em dígitos de três ou quatro números. Os dois últimos dígitos se referem as roscas por polegada, e os números anteriores (um ou dois) referem-se ao tamanho da porca em dezesseis avos de polegadas.

Algumas das outras porcas comuns e seus número código são:

Número Código AN310D5R

An310 = porca castelo para aeronaves

D = liga de alumínio 2024-T

5 = 5/16 polegada de diâmetro

R = rosca direita (normalmente 24 roscas por polegada)

Número Código AN320-10

AN320 = porca castelada de cisalhamento para aeronaves, aço carbono

revestida de cádmio

10 = 5/8 polegada de diâmetro, 18 roscas por polegada (esta porca

normalmente tem com rosca direita)

Número Código AN350B1032

AN350 = porca borboleta para aeronaves

B = bronze

10 = número do parafuso

32 = roscas por polegada

Arruelas de Aviação

Arruelas para aeronaves, utilizadas no reparo de fuselagens são tanto planas, de freno ou de tipos especiais.

Arruelas Planas

Arruelas planas [Figura 5-30], tanto a AN960 como a AN970, são usadas sob porcas hexagonais. Elas proporcionam uma superfície plana de apoio e atuam como um calço para se obter uma distância corrente de pega entre o parafuso e a porca. Elas são usadas para ajustar a posição das porcas casteladas com relação ao contra pino furado em parafusos. Use arruelas planas sob as arruelas freno para prevenir danos a superfície do material.

Arruelas de alumínio e ligas de alumínio podem ser

usadas sob cabeças de parafusos ou porcas em estruturas de liga de alumínio ou magnésio, onde a corrosão causada por metais dissimilares é um fator. Quando utilizados desta maneira um fluxo de corrente elétrica existirá entre a arruela e o parafuso de aço. Contudo, é prática comum usar uma arruela de aço revestida de cádmio sob uma porca que estaria em contato direto com a estrutura, já que esta arruela suportará melhor a ação de corte do que uma porca de liga de alumínio. A porca de alumínio AN970 proporciona uma área maior de apoio do que a AN960, e é utilizada em estruturas de madeira, tanto sob a cabeça do parafuso como da porca, para evitar esmagamento da superfície.

Arruelas de Freno

Arruelas de freno, tanto a AN935 como a AN936 são usadas com parafusos de máquina ou parafusos de aviação onde uma porca do tipo autofreno ou castelada não sejam apropriadas. A ação de mola da arruela (AN935) proporciona fricção o suficiente para evitar que a porca afrouxe em virtude da vibração. [Figura 5-30]

Arruelas de Freno não devem ser usadas sob as seguintes condições:

- Com prendedores em estruturas primárias ou

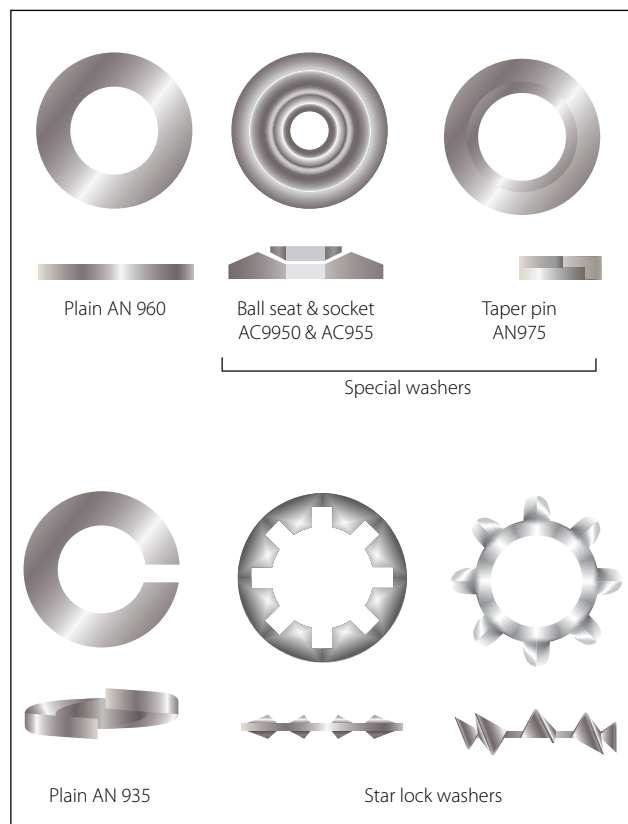


Figura 5-30.

secundárias.

- Com prendedores em qualquer parte da aeronave onde a falha possa resultar em dano ou perigo para a aeronave ou pessoas.
- Onde falha permita a abertura de uma junção para fluxo de ar.
- Onde o parafuso estiver sujeito a constante remoção
- Onde as arruelas tiverem expostas a fluxos de ar.
- Onde as arruelas estiverem sujeitas a corrosão.
- Onde a arruela esteja contra material macio sem uma arruela plana sob a mesma, para evitar arranhões ou cortes na superfície.

Arruelas Freno A Prova de Vibração

Arruelas de freno são arruelas circulares com abas curvadas para cima, em direção a uma porca sextavada ou parafuso para trancar a porca no seu lugar. Existem diversos métodos de se prender uma arruela de freno para evitar que ela gire, tal como uma aba externa curvada para baixo a 90° em um pequeno orifício na face da unidade, ou uma aba interna que encaixe um parafuso com freno.

Arruelas de freno a prova de vibração podem suportar muito calor e outros métodos de segurança podem ser usados com altas condições de vibração, de forma segura. Eles devem ser utilizados apenas uma vez porque as abas tem a tendência de quebra quando curvadas uma segunda vez.

Arruelas Especiais

As arruelas Ball socket (AC950) e seat (AC955) são arruelas especiais usadas onde um parafuso é instalado em uma superfície angulosa, ou onde é necessário um perfeito alinhamento com a superfície. Estas arruelas são utilizadas de forma conjunta. [Figura 5-30]

As arruelas NAS143 e MS20002 são usadas para parafusos com encaixe interno de ferramenta, séries NAS144 até NAS158. Estas arruelas podem ser planas ou escareadas. A arruela escareada (chamada de NAS143C e MS20002C) é usada para parafusos com cabeça em ângulo, e a plana é utilizada sob uma porca.

Instalação de Porcas, Arruelas e Parafusos

Parafusos e Medidas de Furos

Pequenas folgas nos furos para parafusos são permitíveis sempre que usados em tensão e não sujeitos a reversão de carga. Algumas aplicações na qual a folga nos furos pode ser permitida são: suporte de polias,

caixas de conduítes, revestimentos e diversos suportes.

Furos para parafusos devem ser adequados a superfície para proporcionar suporte total a cabeça do parafuso e a porca, e não deve ser muito grande ou alongado. Um parafuso em um furo como esse não produzirá nenhuma carga de cisalhamento até que as partes tiverem cedido ou se deformado o suficiente para permitir o contato da superfície do furo com o parafuso. Com relação a isso lembre que os parafusos não preencher os furos como os rebites.

No caso de furos muito grandes ou alongados, em peças críticas, procure informações com o fabricante da aeronave ou motor antes de furar ou alargar o furo para utilizar um parafuso um pouco maior. Normalmente fatores como distância da borda, folga, ou fator de carga devem ser considerados. Furos grandes demais ou alongados em peças não críticas podem ser, normalmente, furados ou alargados para um tamanho de parafuso maior mais próximo.

Muitos furos de parafusos, principalmente aqueles que conectam elementos primários, têm tolerância mínima. Geralmente é permissível o uso de broca com medida imediatamente superior ao diâmetro do parafuso, exceto quando os parafusos AN hexagonais são usados em aplicações escareadas e onde os parafusos NAS de tolerância mínima ou parafusos AN Clevis são usados.

Furos ajustados para parafusos (especificamente em nos reparos com folga máxima de 0,0015 polegada entre o parafuso e o furo) são necessários em lugares onde os parafusos são usados em reparos, ou onde sejam colocados na estrutura original.

A fixação parafusos nos furos não pode ser definido em termos de diâmetro de eixo e furo, mas é definida em termos de fricção entre o parafuso e o furo quando o parafuso está sendo colocado em seu lugar. Um ajuste forte, por exemplo, é aquele cujo um golpe forte, de um martelo de 12 ou 14 onças, seja necessário para mover o parafuso. Um parafuso que exija um golpe mais forte e permaneça apertado é considerado tendo um encaixe apertado demais. Um ajuste leve é aquele no qual o parafuso se movimentará quando a alça do martelo for encostada em sua cabeça e pressionada com o peso do corpo.

Práticas de Instalação

Examine as marcações na cabeça do parafuso para determinar que cada parafuso seja do material correto. É de extrema importância o uso de parafusos iguais para a substituição. Em todo caso, consulte o Manual de Instruções e Manutenção e o Manual de Peças Aplicáveis.

Certifique-se que as arruelas sejam usadas sob ambas cabeças, parafuso e porca, a não ser que a sua omissão seja especificada. As arruelas protegem contra dano mecânico do material que está sendo parafusado e evita corrosão das partes estruturais. Uma arruela de liga de alumínio deve ser usada sob a cabeça e a porca de um parafuso de aço que está fixando partes feitas de liga de alumínio ou liga de magnésio. Qualquer corrosão que venha a acontecer irá atacar a arruela ao invés de atacar as outras partes. Arruelas de aço devem ser usadas quando unir peças de aço com parafusos de aço.

Sempre que possível coloque o parafuso com a cabeça para cima ou para frente. Esta posição ajuda a evitar que o parafuso escorregue para fora se a porca se perder acidentalmente.

Certifique-se que o pescoço do parafuso tem o tamanho correto. O pescoço do parafuso é a porção que não apresenta rosca. De forma geral, o pescoço do parafuso deve ter a mesma espessura do material que está sendo parafusado. Contudo, parafusos que tenham um pescoço um pouco maior podem ser utilizados se as arruelas forem posicionadas sob a porca ou a cabeça do parafuso. No caso de arruelas planas adicione calços sob a arruela.

Frenagem de Porcas e Parafusos

É muito importante que porcas e parafusos, exceto os tipos autofreno, sejam frenados após a instalação. Isso evita que se soltem durante o voo devido as vibrações. Métodos de frenagem serão discutidos mais tarde neste capítulo.

Reparos em Roscas Internas Danificadas

A instalação ou substituição de parafusos é simples quando comparada com a instalação ou substituição de prisioneiros. Cabeças de parafuso são cortadas em aberto enquanto que prisioneiros são instalados em roscas internas em um conjunto fundido ou embutido. Roscas danificadas em parafusos ou porcas podem ser vistas e apenas exigem substituição da parte defeituosa. Se uma rosca interna estiver danificada existem duas alternativas aparentes: a peça pode ser substituída ou

a rosca reparada ou substituída. A correção da rosca problemática é normalmente mais barata e mais conveniente. Dois métodos para reparo são a substituição de buchas e instalação de roscas postiças helicoids.

Substituição de Buchas

As buchas são normalmente materiais especiais (buchas de vela de aço ou bronze com cabeças cilíndricas de alumínio). Um material que iria resistir ao desgaste é utilizado quando a remoção ou substituição é frequente. As roscas externas de uma bucha são normalmente grossas. A bucha é instalada e um produto de vedação pode ser usado ou não, para evitar que se solte. Muitas buchas tem rosca-esquerda externa e rosca-direita interna. Com esta instalação a remoção do parafuso ou prisioneiro (rosca-direita) tende a apertar a bucha.

Buchas para instalações comuns, tais como velas de ignição, podem terminar com um sobretamanho de até 0,040 (em incrementos de 0,005). Instalações originais ou substituição em oficinas de revisão geral são SHRUNK FIT: uma cabeça de cilindro aquecido e uma bucha congelada.

Helicoils

Os Helicoils são arames de aço inoxidável 18-8, precisamente enrolados, com seção transversal em forma de diamante. [Figura 5-31]. Eles formam uma rosca unificada, grossa ou fina, de classe 2-band 3B quando montada em furos rosqueados (helicoil) O conjunto instalado acomoda membros masculinos rosqueados UNH (raiz de raio controlado). Cada rosca tem um pino de arrasto com um entalhe que facilita a remoção

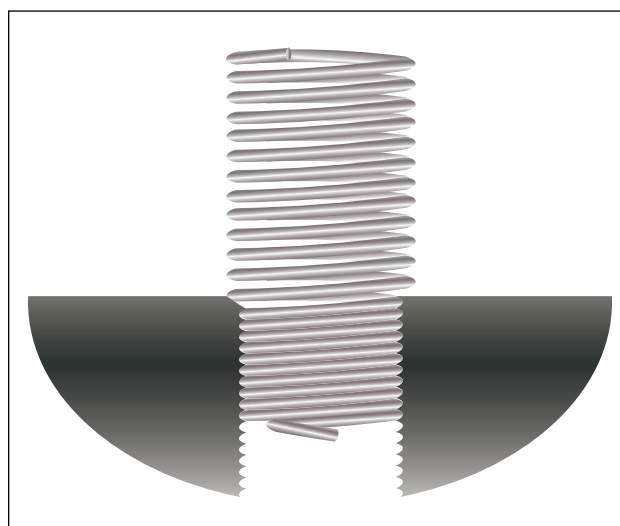


Figura 5-31.

do pino após a rosca postiça estar instalada no furo.

Elas são usadas como buchas. Além de serem usadas para restaurar roscas danificadas, elas são usadas no projeto original de mísseis, motores de aeronaves e todos os tipos de equipamentos mecânicos e acessórios para proteger e fortalecer o rosqueamento interno de materiais leves, plásticos, particularmente em locais onde é necessária montagem e desmontagem frequentes, e/ou seja desejada uma ação de frenagem. A instalação do Helicoil [Figura 5-32] é uma operação de 5 ou 6 passos, dependendo de como o último passo for classificado;

Passo 1: Determinar quais roscas estão danificadas.

Passo 2: (a) nova instalação de Helicoil. Fure as rosca s

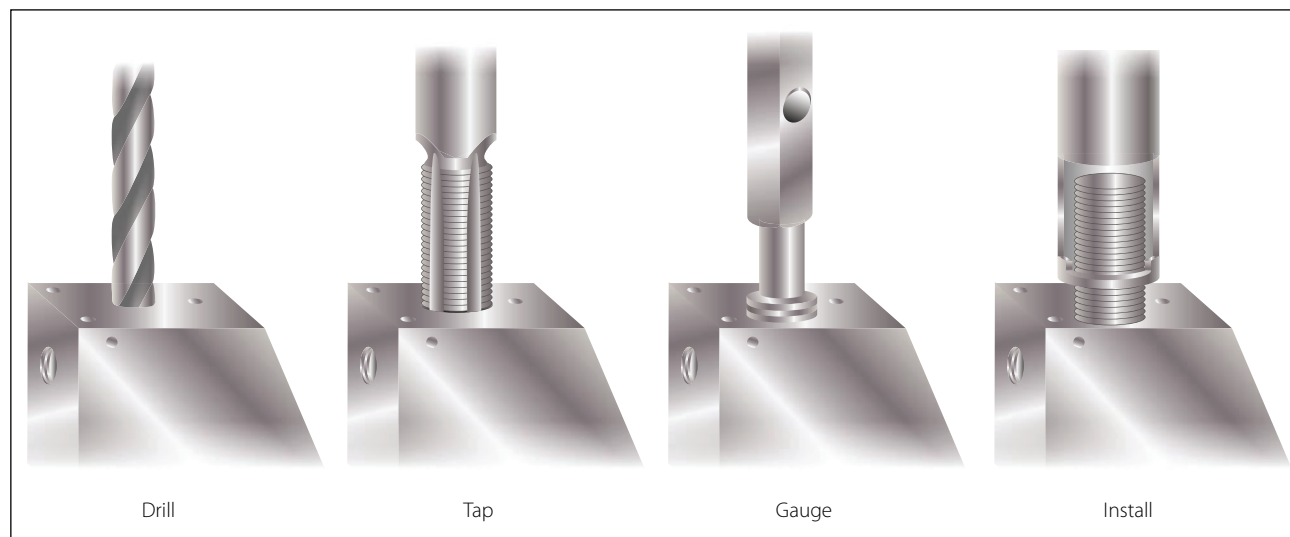


Figura 5-32.

danificadas na profundidade mínima especificada.
 (b) Helicoil previamente instalada. Usando a ferramenta de extração do tamanho apropriado posicione a borda da lâmina a 90° da borda de inserção. Bata com um martelo. Vire para a esquerda, aplicando pressão, até que a peça seja removida. A rosca não será danificada se a peça for removida adequadamente.

Passo 3: Abridor de Rosca: use o abridor de rosca da medida requerida. O procedimento para se abrir a rosca é o procedimento padrão. O comprimento da parte rosqueada deve ser igual ou maior que o requerido.

Passo 4: Medida: o tamanho da rosca deve ser verificado com um medidor de rosca helicoidal.

Passo 5: Insira o conjunto: Usando a ferramenta adequada instale o conjunto a uma profundidade que posicione o final superior da espiral de ¼ a ½ volta abaixo do superfície do furo.

Passo 6: Remoção do pino de arrasto: selecione a ferramenta apropriada para a remoção. Os pinos devem ser removidos de todos os furos. Em furos cegos os pinos de segurança podem ser removidos quando necessário se houver profundidade de furo suficiente abaixo do pino do conjunto instalado.

Estas não devem ser consideradas instruções específicas na instalação de Helicoil. As instruções do fabricante devem ser seguidas quando da instalação.

Helicoils estão disponíveis com as seguintes roscas: grossa, fina, métrica, de vela de ignição e National Taper Pipe.

Fixação de Torque

Torque e Torquímetro

Quando a velocidade de uma aeronave aumenta cada membro estrutural da aeronave se torna mais sujeito a tensão. Assim é extremamente importante que cada membro não tenha mais ou menos carga do que aquela para a qual foi projetado. Para que a carga seja distribuída de forma segura pela estrutura, é necessário que todas as porcas, parafusos e prisioneiros recebam o torque apropriado. O uso do torque apropriado permite que a estrutura desenvolva a resistência projetada e reduza sensivelmente a possibilidade de falha ou fadiga.

Basic formula $F \times L = T$

F = Applied force

L = Lever length between centerline of drive and centerline of applied force (F must be 90 degrees to L)

T = Torque

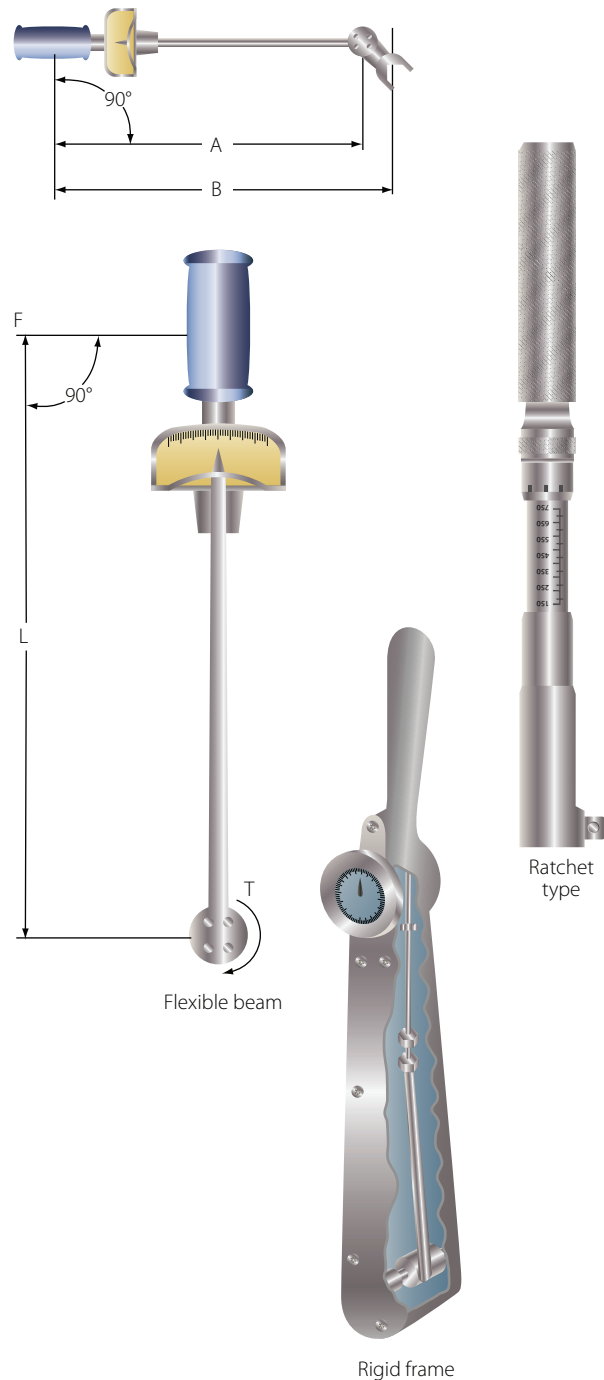


Figura 5-33.

Torquímetros: os três torquímetros mais usados são o de barra flexível, estrutura rígida e estrutura de catraca. [Figura 5-33] Quando o torquímetro de barra flexível e de estrutura rígida forem usados o valor do torque é lido visualmente em um mostrador ou escala montado no punho do mesmo.

Para usar o torquímetro de estrutura de catraca libere a trava e ajuste a escala do tipo micrômetro no punho, então tranque a trava novamente. Instale o soquete ou adaptador adequado no local próprio do torquímetro. Coloque o conjunto sobre a porca ou parafuso e puxe o punho no sentido horário, em um movimento suave, constante e firme. (Um movimento rápido ou um solavanco provocará uma indicação incorreta.). Quando o torque aplicado atingir o valor de torque indicado na regulagem o punho irá liberar a trava automaticamente, percorrendo livre uma pequena distância. A liberação da trava é facilmente sentida não deixando dúvidas sobre quando o processo de torque foi completado.

Para se certificar que a quantidade de torque correta foi alcançada todos os torquímetros devem ser testados, pelo menos, uma vez por mês, ou com mais frequência se necessário.

Nota: não é aconselhável o uso de extensão em um torquímetro tipo barra flexível. O extensor, por si só, não causará efeito na leitura dos outros tipos de torquímetro. O uso de uma extensão em qualquer outro tipo de torquímetro torna o uso da fórmula necessário. Quando a fórmula for aplicada a força deve ser aplicada no punho do torquímetro, no ponto onde a medida é tirada. Se não for feito desta forma o torque obtido estará incorreto.

Tabelas de Torque: Use a tabela de torque padrão como um guia para apertar porcas, prisioneiros e parafusos sempre que os valores específicos de torque não estiverem descritos nos procedimentos de manutenção. As seguintes regras aplicam-se para o uso correto da tabela de torque: [Figura 5-34]

1. Para obter os valores em pés-libras divida polegadas-libras por 12.
2. Não lubrifique as porcas ou parafusos a não ser peças de aço resistentes a corrosão ou quando especificamente especificado para tal.
3. Sempre aperte rodando, primeiro, a porca, se

possível. Se o espaço não permitir aperte pela cabeça do parafuso até uma medida próxima do valor de torque indicado. Não exceda ao valor de torque máximo permitido.

4. O valor de torque máximo deve ser usado apenas quando os materiais e superfícies que estão sendo unidos sejam espessos o suficiente, a área de capacidade que resista a quebra, torção ou outros danos.
5. Para porcas de aço resistentes a corrosão use valores de torque dados para porcas do tipo cisalhamento.
6. O uso de qualquer tipo de extensão no torquímetro altera a leitura do mostrador requerida para se obter o valor da tabela padrão. Quando utilizar uma extensão a leitura deve ser computada usando-se a fórmula adequada, que está incluída no manual que acompanha o torquímetro.

Alinhamento do Furo Para Contrapino

Quando apertar porcas casteladas em parafusos os furos dos contrapinos podem não se alinhar com as ranhuras das porcas para atingir o valor de torque recomendado. Com exceção dos casos de peças de motor altamente fatigadas, a porca não deve estar superapertada. Remova as ferragens e realinhe os furos. As cargas de torque especificadas podem ser usadas para todas as porcas de aço revestidas de cádmio não lubrificadas, de rosca fina ou grossa, que tem um número de rosca similar e mesma área de contato. Estes valores não se aplicam onde as exigências de torque especial estão especificadas no manual de manutenção.

Se a parte da cabeça, ao invés da porca, tiver que ser girada durante a operação de aperto, os valores máximos de torque podem ser aumentados para um valor igual a fricção do parafuso, desde que esta seja feita anteriormente com o torquímetro.

Rebites de Aeronaves

Placas de metal devem ser unidas para formar a estrutura da aeronave, e esta união é normalmente feita com rebites de liga de alumínio sólido. O rebite é um pino de metal com uma cabeça formada em um dos lados durante o processo de fabricação. A espiga (corpo) do rebite é inserido em um furo e então este corpo é deformado por uma ferramenta manual ou pneumática. Este processo de inserção e deformação pela ferramenta produz a segunda cabeça do rebite, chamada de “cabeça de oficina”. A cabeça de oficina funciona da mesma forma que uma porca em um pa-

Bolt, Stud or Screw Size		Torque Values in Inch-Pounds for Tightening Nuts			
		On standard bolts, studs and screws having a tensile strength of 125,000 to 140,000 psi		On bolts, studs, and screws having a tensile strength of 140,000 to 160,000 psi	On high-strength bolts, studs, and screws having a tensile strength of 160,000 psi and over
		Shear type nuts (AN320, AN364 or equivalent)	Tension type nuts and threaded machine parts (AN-310, AN365 or equivalent)	Any nut, except shear type	Any nut, except shear type
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	800-1000	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 5-34.

rafuso. Além do seu uso na união de seções de chapas os rebites também são utilizados para unir seções de nervuras, para prender FITTINGS em diversas partes da aeronave, e para prender tirantes, conexões, e inúmeras partes unidas. Os rebites criam uma ligação que é tão forte quando o material que está sendo unido.

Dois dos principais tipos de rebites utilizados em aeronaves são o rebite sólido, que deve ser rebatido usando-se uma barra encontradora, e o rebite especial, que pode ser instalado onde for impossível o uso de uma barra encontradora.

Rebites de aeronaves não são rebites comprados em lojas de ferragens. Rebites comprados em lojas de ferragens nunca devem ser usados para substituir os rebites com qualidade de aeronaves. Os rebites podem ser feitos de diversos materiais diferentes, e a resistência entre eles também é bem variada, assim com a resistência ao cisalhamento. Os rebites de cabeça rebaixada de lojas de ferragens são de 78°, enquanto que os próprios para aeronaves têm cabeças com ângulo de 100° para maior contato da superfície.

Padrões e Especificações

A FAA requer que a resistência estrutural e integridade de uma aeronave certificada de tipo estejam de acordo com todas as exigências de aeronavegabilidade. Estas exigências aplicam-se ao desempenho, resistência estrutural e integridade, assim como as características de voo. Para atender estes requisitos cada aeronave deve seguir alguns padrões. Para atingir a padronização todos os materiais e ferragens devem ser manufaturados com um padrão de qualidade. Especificações e padrões para ferragens de aeronaves são normalmente identificadas pela organização que as originou. Algumas das organizações de padronização são:

MAS	Aeronautical Material Specifications
NA	Air Force Navy
AND	Air Force-Navy Design
AS	Aeronautical Standard
ASA	American Standards Association
ASTM	American Society for Testing Materials
MS	Military Standard
NAF	Naval Aircraft Factory
NAS	National Aerospace Standard
SAE	Society of Automotive Engineers

Quando um rebite MS20426-4D4-6 é necessário as especificações já foram escritas pelo MS (Military Standard). A informação está disponível para os fa-

bricantes de aeronave e fabricantes do rebite, assim como para o mecânico. As especificações para o material ser utilizado, assim como o tipo de cabeça, diâmetro, e comprimento do rebite. O uso de materiais padrões na produção de aeronaves faz com que cada aeronave seja exatamente igual a anterior, e torna a construção menos cara.

Os rebites de aeronaves são produzidos com padrões e especificações muito mais altos do que os rebites produzidos para uso geral. Quando os fabricantes de aeronaves começaram a construir as aeronaves completamente em metal, nos anos 30 do século XX, diferentes fabricantes tinham diferentes desenhos de cabeças de rebite. BRAZIER HEADS, MODIFIED BRAZIER HEADS, BUTTON HEADS, MUSHROOM HEADS, cabeça chata e cabeças de 78° rebaixadas. As aeronaves padronizadas, FOUR RIVET HEAD DESIGNS quase que completamente substituíram todos os outros. Os rebites expostos ao fluxo de ar no topo da estrutura não normalmente ou de cabeça universal MS20470 ou de cabeça rebaixada 100° MS20426. Para rebites utilizados em estruturas internas o de cabeça redonda MS20430 e o de cabeça chata são geralmente utilizados.

Rebites Sólidos

Rebites sólidos são geralmente utilizados em trabalhos de reparo. Eles são identificados pelo tipo de material do qual são feitos, seu tipo de cabeça, tamanho de espiga e suas condições de temperatura. A designação do rebite de espiga sólida e tipo de cabeça, como a cabeça universal, cabeça redonda, cabeça chata, cabeça rebaixada, e cabeça BRAZIER, depende do formato transversal da cabeça. [Figura 5-37] A designação de temperatura e resistência são indicadas pelas marcações especiais na cabeça do rebite.

O material é utilizado na maioria dos rebites de espiga sólida é liga de alumínio. A resistência e condição da temperatura dos rebites de liga de alumínio é identificada por dígitos e letras similares aquelas adotadas pela identificação de resistência e condições de temperatura de alumínio ou ligas de alumínio em estoque. Os rebites 1100, 2017-T, 2024-T, 2117-T e 5056 são os cinco níveis normalmente disponíveis.

O rebite 1100, que é composto por 99,45 por cento de alumínio puro, é muito macio. É para rebitar ligas de alumínio mais macio, tais como 1100, 3003 e 5052, que são usados para partes não estruturais (todas as partes onde a resistência não é um fator). A rebiteagem de um porta mapas é um bom exemplo de onde um

rebite de liga de alumínio 1100 pode ser utilizado. O rebite 2117-T, conhecido como rebite de campo, é mais usado do que qualquer outro para rebitar estruturas de liga de alumínio. O rebite de campo está em alta demanda porque está pronto para ser usado conforme como foi recebido, sem tratamento térmico ou recozimento adicional. Ele também tem uma alta resistência a corrosão.

Os rebites 2017-T e 2024-T são usados em estruturas de liga de alumínio onde é necessário mais resistência do que é obtida por um rebite do mesmo tamanho 2217-T. Estes rebites são conhecidos como “rebites de geladeira”, são recozido e mantidos em refrigeração até o momento de serem utilizados. O rebite 2017-T deve ser utilizado dentro de aproximadamente 1 hora e o rebite 2024-T dentro de 10 a 20 minutos após a remoção da refrigeração.

O rebite 5056 é usado para rebitar estruturas de ligas de magnésio por suas qualidades de resistência a corrosão em combinação com o magnésio.

Rebites de aço macio são utilizados para rebitar partes de aço. Os rebites de aço resistente a corrosão são utilizados para rebitar aços resistentes a corrosão em FIREWALLS, braçadeiras de escapamento e estruturas similares.

Rebites de Monel são utilizados para rebitar ligas de aço níquel. Eles podem ser substituídos, em alguns casos, por aqueles feitos de aço resistente a corrosão. O uso de rebites de cobre no reparo de aeronaves é limitado. Rebites de cobre podem ser utilizados apenas em ligas de cobre ou materiais não metálicos, como o couro.

A têmpera do metal é um fator importante no processo de rebiteagem, especialmente com rebites de liga de alumínio. Os rebites de liga de alumínio tem as mesmas características de tratamento térmico das ligas de alumínio em estoque. Elas podem ser endurecidas e recozidas da mesma maneira que o alumínio. O rebite deve ser macio, ou comparativamente macio, antes que uma boa cabeça seja formada. Os rebites 2017-T e 2024-T são recozidos antes de serem utilizados. Eles endurecem com o tempo.

O processo de tratamento térmico (recozimento) dos rebites é muito similar ao do STOCK. São necessários tanto um forno elétrico, um banho de sal ou banho de óleo quente. A variação do tratamento térmico, dependendo da liga, vai de 625°F até 950°F. Para maior conveniência do manuseio os rebites são aquecidos em

Heating Time — Air Furnace		
Rivet Alloy	Time at Temperature	Heat Treating Temperature
2024	1 hour	910°F–930°F
2017	1 hour	925°F–950°F
Heating Time — Salt Bath		
Rivet Alloy	Time at Temperature	Heat Treating Temperature
2024	30 minutes	910°F–930°F
2017	30 minutes	925°F–950°F

Figura 5-35.

uma bandeja ou cesto de arame. Eles são resfriados em água fria (70°F) imediatamente após o tratamento térmico.

Os rebites 2017-T e 2024-T, que são termicamente tratáveis, começam a endurecer dentro de poucos minutos após expostos a temperatura ambiente. Por isso eles devem ser usados imediatamente após o resfriamento ou armazenados em refrigeração.

O método mais comum para se manter rebites termicamente tratados em baixa temperatura (abaixo de 32°F) é mantê-los sob refrigeração. Eles são chamados de “rebites de geladeira”. Sob estas condições de armazenamento eles permanecerão macios o suficiente para uso por um período de até 2 semanas. Qualquer rebite não utilizado dentro deste período de tempo deve ser removido e receber tratamento de reaquecimento.

Rebites de geladeira atingem aproximadamente a metade da sua resistência máxima em 1 hora após serem utilizados e a resistência total em aproximadamente 4 dias. Quando os rebites 2017-T são expostos a temperatura ambiente por 1 hora ou mais eles devem passar por um tratamento de reaquecimento. Isto também se aplica aos rebites 2024-T expostos a temperatura ambiente por um período maior que 10 minutos.

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

Figura 5-36.

Uma vez que um rebite de geladeira tenha sido retirado da refrigeração ele não deve ser misturado com outros rebites que lá permaneceram. Se mais rebites forem retirados da refrigeração do que possam ser utilizados em 15 minutos ele devem ser colocados em um recipiente a parte e armazenados para um tratamento de reaquecimento. O tratamento térmico dos rebites pode ser repetido tantas vezes quando necessários, se feito da forma adequada. Os tempos e temperaturas adequadas de aquecimento são mostrados na Figura 5-35.

A maioria dos metais, e portanto os rebites para aeronaves, estão sujeitos a corrosão. A corrosão pode ser o resultado das condições climáticas locais ou do processo de fabricação utilizado. Ela é reduzida a um mínimo pelo uso de metais que são altamente resistentes a corrosão e possuem a razão correta entre resistência e peso.

Metais ferrosos colocados em contato com ar úmido de sal enferrujarão não forem protegidos adequadamente. Metais não ferrosos, aqueles que não tem uma base de ferro, não enferrujam, mas um processo parecido, chamado corrosão, acontece. O sal no ar úmido (encontrado nas áreas costeiras) ataca as ligas de alumínio. É uma experiência comum inspecionar os rebites de uma aeronave que foi operada próximo a água salgada e encontrá-los bastante corroídos.

Se um rebite de cobre é inserido em uma estrutura de liga de alumínio dois metais dissimilares são colocados em contato. Lembre-se que todos os metais possuem um pequeno potencial elétrico. Metais dissimilares quando em contato um com o outro, na presença umidade fazem com que uma corrente elétrica flua entre eles e um subproduto químico seja formado. Isto resulta, principalmente, na deterioração de um dos metais.

Certas ligas de alumínio reagem umas com as outras e devem ser consideradas como metais dissimilares. As ligas de alumínio comumente utilizadas podem ser divididas nos dois grupos mostrados na Figura 5-36.

Membros do grupo A ou do grupo B podem ser considerados similares uns com os outros e não reagem com aqueles do mesmo grupo. A ação de corrosão acontecerá se qualquer metal do grupo A entrar em contato com qualquer metal do grupo B na presença de umidade.

Evite, sempre que possível, o uso de metais dissimilares. Sua incompatibilidade foi um dos fatores considerados quando os Padrões AN foram adotados. Para

estar de acordo com os Padrões AN os fabricantes devem colocar uma camada protetora nos rebites. Esta pode ser de cromato de zinco, pulverizado de metal ou um acabamento anodizado.

A camada protetora de um rebite é identificada por sua cor. Um rebite coberto com cromato de zinco é amarelo, um de superfície anodizada é cinza perolado e um pulverizado com metal é cinza prateado. Se surgir alguma situação em que o rebite tenha que receber uma camada protetora durante o trabalho pinte o rebite com cromato de zinco antes de utilizá-lo e novamente após a sua colocação.

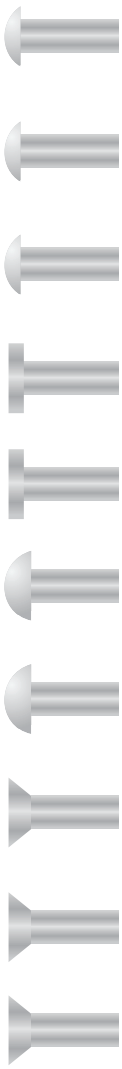
Identificação

Marcações nas cabeças dos rebites são utilizadas para classificar suas características. Estas marcações podem ser tanto um ponto em relevo, dois pontos em relevo, um ponto em depressão, dois traços em relevo, uma cruz em relevo, um triângulo simples ou um traço em relevo. Algumas cabeças não tem marcação. As diferentes marcações indicam a composição do rebite. Conforme explicado anteriormente os rebites tem diferentes cores para identificar a camada protetora utilizada pelo fabricante.

Rebites de cabeça redonda são usado no interior da aeronave, exceto quando se necessita de espaço livre para membros adjacentes. O rebite de cabeça redonda tem uma depressão na superfície da cabeça. A cabeça é grande o suficiente para fortalecer a chapa ao redor do orifício e, ao mesmo tempo, oferecer resistência a tensão.

O rebite de cabeça chata, assim como o de cabeça redonda, é usado em estruturas internas. É utilizado onde se precisa de máxima resistência e onde não existe espaço o suficiente para o uso de um rebite de cabeça redonda. Ele é raramente utilizado em superfícies externas. O rebite de cabeça de lentilha tem uma cabeça de diâmetro largo, que o torna especialmente adaptável para rebitagem em chapas finas. O rebite de cabeça de lentilha oferece apenas uma pequena resistência ao fluxo de ar, e em função deste fator é utilizado com frequência para rebitar as camadas externas, especialmente da seção traseira da fuselagem e da empenagem. São utilizados para rebitar chapas finas expostas ao sopro da hélice. Um rebite de cabeça de lentilha modificada também é manufaturado, sendo simplesmente uma cabeça de lentilha de diâmetro reduzido.

O rebite de cabeça universal é uma combinação do cabeça chata, cabeça redonda e cabeça de lentilha. É



Material	Head Marking	AN Material Code	AN425 78° Counter-sunk Head	AN426 100° Counter-sunk Head MS20426*	AN427 100° Counter-sunk Head MS20427*	AN430 Round Head MS20470*	AN435 Round Head MS20613* MS20615*	AN441 Flat Head	AN442 Flat Head MS20470*	AN455 Brazier Head MS20470*	AN456 Brazier Head MS20470*	AN470 Universal Head MS20470*	Heat Treat Before Use	Shear Strength psi	Bearing Strength psi
1100	Plain	A	X	X		X			X	X	X	X	No	10,000	25,000
2117T	Recessed Dot	AD	X	X		X			X	X	X	X	No	30,000	100,000
2017T	Raised Dot	D	X	X		X			X	X	X	X	Yes	34,000	113,000
2017T-HD	Raised Dot	D	X	X		X			X	X	X	X	No	38,000	126,000
2024T	Raised Double Dash	DD	X	X		X			X	X	X	X	Yes	41,000	136,000
5056T	Raised Cross	B		X		X			X	X	X	X	No	27,000	90,000
7075-T73	Three Raised Dashes		X	X		X			X	X	X	X	No		
Carbon Steel	Recessed Triangle				X		X MS20613*						No	35,000	90,000
Corrosion Resistant Steel	Recessed Dash	F			X		X MS20613*						No	65,000	90,000
Copper	Plain	C			X		X	X					No	23,000	
Monel	Plain	M			X			X					No	49,000	
Monel (Nickel-Copper Alloy)	Recessed Double Dots	C					X MS20615*						No	49,000	
Brass	Plain						X MS20615*						No		
Titanium	Recessed Large and Small Dot			MS20426									No	95,000	

* New specifications are for design purposes.

Figure 5-37.

utilizado na construção de aeronaves e reparos tanto no exterior como no interior. Quando for necessária a substituição de rebites com cabeça protuberante – redonda, chata ou de lentilha – eles podem ser substituídos por um rebite de cabeça universal.

O rebite de cabeça rebaixada tem a parte superior plana e chanfrada em direção ao corpo para que encaixe em um orifício furado ou escareado e fique nivelado com a superfície do material. O ângulo formado pela cabeça do rebite varia de 78° até 120°. O rebite de 100° é o mais comumente utilizado. Estes rebites são utilizados para prender chapas sobre as quais outras chapas precisam ser fixadas. Eles também são utilizados nas superfícies externas da aeronave porque oferecem apenas uma pequena resistência ao sopro da hélice e ajudam a minimizar a turbulência do fluxo de ar.

As marcações na cabeça dos rebites indicam o material do qual são feitos e, com isso, sua resistência. A Figura 5-37 identifica as marcações nas cabeças dos parafusos e os materiais indicados por elas. Embora existam três materiais indicados para o de cabeça simples, é possível perceber sua diferença pela cor. O 1100 é cor de alumínio, o de aço macio tem cor típica de aço e o de cobre tem cor de cobre. Qualquer marcação de cabeça pode aparecer em qualquer tipo de cabeça do mesmo material.

Cada tipo de rebite é identificado por um número de parte para que o usuário possa selecionar o rebite correto para o trabalho. O tipo de cabeça de rebite é identificado por um número padrão AN ou MS. Os números selecionados são em série e cada série representa um determinado tipo de cabeça. [Figura 5-37]

Os números mais comuns e os tipos de cabeça que eles representam são:

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

Existem também letras e números adicionados ao número de parte. As letras designam conteúdo de liga e os números designam o diâmetro e comprimento. As letras em uso comum para as designações de ligas são:

- A – liga de alumínio, composição de 1100 ou 3003
- AD – liga de alumínio, composição 2117-T
- D – liga de alumínio, composição 2017-T
- DD – liga de alumínio, composição 2024-T
- B – liga de alumínio, composição 5056
- C – cobre
- M – Monel

A ausência de uma letra depois do padrão numérico AN indica um rebite fabricado com aço macio.

O primeiro número que segue as letras da composição de material expressa o diâmetro do corpo do rebite em trinta e dois avos de polegada (Exemplos: 3 indica 3/32, 5 indica 5/32, e assim por diante). [Figura 5-38]

O(s) último(s) número(s), separado(s) por um traço do número anterior, expressa o comprimento do corpo do rebite em dezesseis avos de polegada (Exemplos: 3 indica 3/16, 7 indica 7/16, 11 indica 11/16, e assim por diante). [Figura 5-38]

Um exemplo de identificação de marcação de um rebite é:

- AN470AD3-5 – número de parte completo
- AN – número padrão Air Force-Navy
- 470 – rebite de cabeça universal
- AD – liga de alumínio 2117-T
- 3 – 3/32 de diâmetro
- 5 – 5/16 de comprimento

Rebites Cegos

Existem muitos locais em uma aeronave onde o acesso de ambos os lados de uma estrutura rebitada ou parte estrutural é impossível, ou onde o espaço limitado não permite o uso de uma barra encontradora. Assim, na fixação de muitas partes não estruturais, tais como o acabamento interno, assoalho, DEICING BOOTS, e outras, a resistência total de um rebite de corpo sólido não é necessária.

Para a utilização em locais como estes foram projetados rebites especiais que podem ser cravados pela parte da frente. Algumas vezes eles são mais leves do que os rebites de corpo sólido, mas mesmo assim bastante fortes para a aplicação desejada. Estes rebites são produzidos por diversos fabricantes e por suas características únicas demandam ferramentas especiais para instalação, assim como procedimentos especiais para instalação e procedimentos especiais para remoção. É por isso que são chamados de rebites especiais. Pelo motivo que esses rebites são normalmente inse-

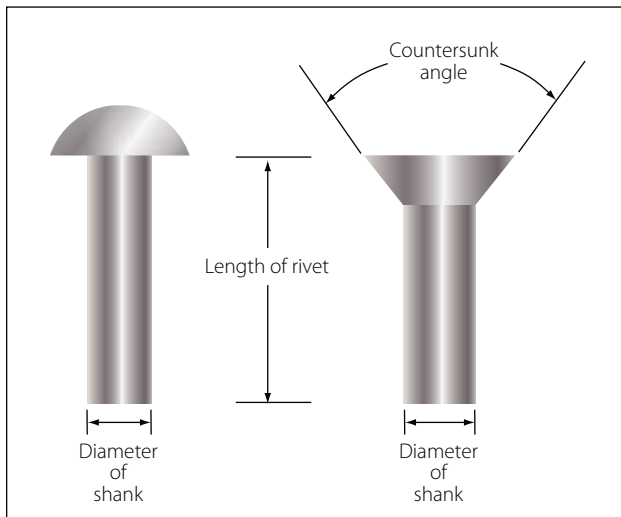


Figura 5-38.

ridos em locais onde uma cabeça (normalmente a cabeça de oficina) não pode ser vista, eles também são chamados de rebites cegos.

Rebites Cravados Mecanicamente

Duas classes de rebites cravados mecanicamente são discutidas aqui:

- (1) Não estrutural
 - a) Rebites de auto-cravação (travados por atrito)
 - b) Rebites Pull-thru
- (2) Rebites travados mecanicamente, quebrante a cabeça e auto-cravação

Rebites de Auto-Cravação (travados por atrito)

Os rebites cegos de auto-cravação (travados por atrito) são produzidos por diversas empresas. A mesma informação geral básica sobre a sua fabricação, como composição, uso, seleção, instalação, inspeção e procedimentos de remoção aplicam-se a todos eles.

Os rebites de auto-cravação (travados por atrito) são fabricados em duas partes: a cabeça do rebite com um corpo oco ou luva, e uma haste que se estende através do corpo oco. A Figura 5-39 ilustra uma cabeça saliente e uma cabeça rebaixada de rebites de auto-cravação produzidos por um fabricante.

Diversos eventos, em uma sequência apropriada, acontecem 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 a expansão do corpo do rebite, e (3) quando a fricção (ou pressão causada pela tração da haste) se torna grande o suficiente, ela fará com que a haste quebre uma de suas ranhuras. A porção da parte cônica (porção inferior da haste) ficará retida no corpo do rebite dando ao rebite uma resistência de cisalhamento muito maior do que poderia ser obtida com um rebite cego.

Rebites de auto-cravação (travados por atrito) podem ter um nó ou botão na sua parte superior, ou podem ter uma parte serrilhada. [Figura 5-39]

Os rebites de auto-cravação (travados por atrito) são fabricados a partir de diversos materiais. Os rebites estão disponíveis nas 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; haste de aço e luva de aço. Rebites de auto-cravação (travados por atrito) são projetados para que a instalação possa ser feita por apenas uma pessoa e não é necessário ter acesso aos dois lados do trabalho. A haste, ao ser puxada, exerce uma força tal que sempre se consegue um trabalho uniforme. Por não ser necessário o acesso aos dois lados do trabalho os rebites de auto-cravação (travados por atrito) podem ser usados para fixar conjuntos como tubos ocos, chapas corrugadas, caixas ocos, e assim por diante. Por não ser necessária a aplicação de

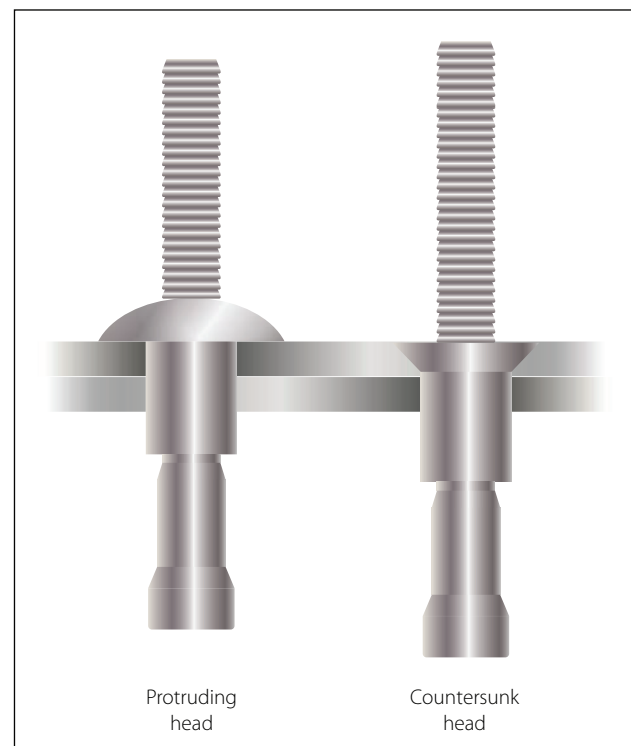


Figura 5-39.

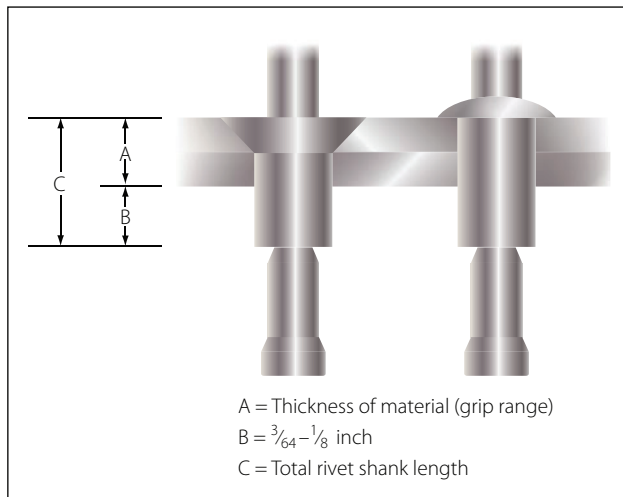


Figura 5-40.

martelo para a instalação do rebite, ele poder ser usado para fixar conjuntos de compensados ou plásticos. Fatores a se considerados quando estiver selecionando o rebite correto para instalação são: (1) localização da instalação, (2) composição do material que será rebitado, (3) espessura do material que será rebitado, e (4) resistência desejada.

Se o rebite for instalado em uma superfície aerodinamicamente lisa, ou se for necessária uma distância entre conjuntos, os rebites de cabeça rebaixada devem ser selecionados. Em outras áreas onde a distância entre os conjuntos e o acabamento liso não forem um fator importante os rebites de cabeça saliente podem ser utilizados.

A composição do material do corpo do rebite depende do tipo de material que será rebitado. Rebites com corpo de liga de alumínio 2117 podem ser utilizados na maioria das ligas de alumínio. Rebites com corpo de liga de alumínio 5056 devem ser utilizados quando o material a ser rebitado for magnésio. Rebites de aço sempre devem ser selecionados para rebitar conjuntos feitos de aço.

A espessura do material que será rebitado determina o comprimento total do corpo do rebite. Como regra geral o corpo do rebite deve ser mais longo que a espessura do material em aproximadamente de 3/64 de polegada até 1/8 de polegada antes que a haste seja puxada. [Figura 5-40]

Rebites Pull-Thru

Os rebites cegos pull-thru são fabricados por diversas empresas. As mesmas informações gerais básicas so-

bre sua fabricação, composição, usos, seleção, instalação, inspeção e procedimentos de remoção aplicam-se a todos eles.

Rebites pull-thru são fabricados em duas partes: a cabeça do rebite com um corpo oco ou luva e uma haste que se estende através do corpo oco. A Figura 5-41 ilustra rebites de cabeça saliente e cabeça rebaixada do tipo pull-thru.

Diversos eventos, em sua sequência correta, acontecem quando a haste do rebite é puxada: (1) a cabeça é puxada para dentro do corpo do rebite; (2) a porção cônica da haste força o corpo a se expandir formando uma cabeça cega e preenchendo o furo.

Rebites pull-thru são fabricados em dois tipos comuns de cabeça: (1) cabeça saliente similar so MS20470 ou cabeça universal, e (2) cabeça rebaixada a 100°. Outros estilos de cabeça estão disponíveis nos fabricantes.

Rebites pull-thru são fabricados com diversos materiais. A seguir estão os mais comumente utilizados: liga de alumínio 2117-T4, liga de alumínio 5056, Monel.

Rebites pull-thru são projetados para que a instalação possa ser feita por apenas uma pessoa, e o trabalho não precisa estar acessível dos dois lados.

Fatores a ser considerados quando da seleção do rebite correto para instalação: (1) localização da instalação, (2) composição do material que será rebitado, (3) espessura do material que será rebitado, e (4) resistência desejada.

A espessura do material que será rebitado determina o comprimento geral do corpo do parafuso. Como regra geral o corpo do parafuso deve ser mais longo que a espessura do material, em aproximadamente de 3/64 de polegada até 1/8 de polegada antes que a haste seja puxada. [Figura 5-42]

Cada empresa que produz rebites pull-thru tem um número de código para auxiliar os usuários a obter o rebite correto para as necessidades de uma determinada instalação. Além disso, os números MS são utilizados para propósitos de identificação. Os números são similares aos mostrados nas páginas anteriores.

Rebites Travados Mecanicamente

Rebites travados mecanicamente são similares aos rebites de auto-cravação, exceto pela maneira pela qual a haste é retida na luva do rebite. Este tipo de rebite

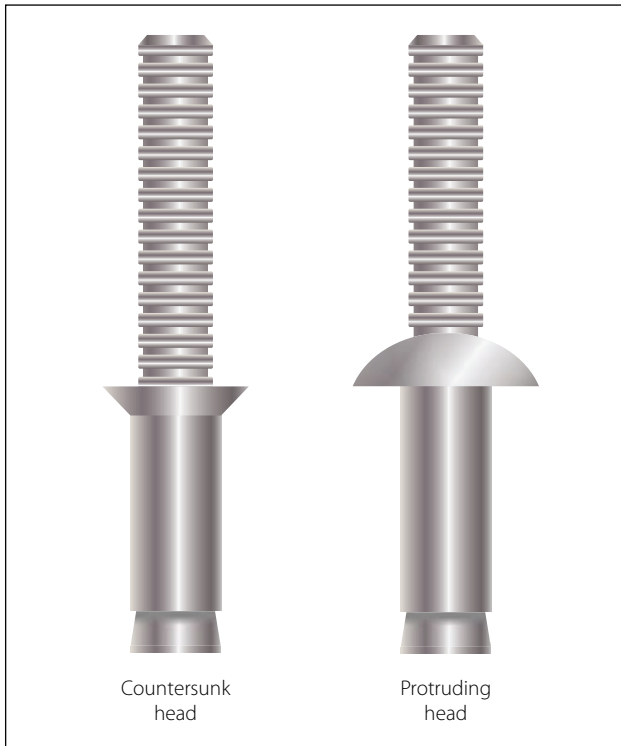


Figura 5-41.

tem um colar de travamento mecânico positivo que resiste a vibrações que fazem com que os rebites de travamento por atrito se soltar e talvez cair. [Figura 5-45]. A haste do rebite de travamento mecânico também quebra rente a cabeça e normalmente não precisa de ajuste extra se bem instalada. Rebites travados mecanicamente demonstram todas as características de rebites de corpo sólido e, na maioria dos casos, podem ser substituídos um pelo outro.

Rebites Cherrylock com Bulbo

A cabeça grande e cega deste rebite introduziu a palavra “bulbo” na terminologia de rebites cegos. Em conjunto com a carga residual de pré-carga desenvolvida pela quebra da haste, sua comprovada resistência a fadiga faz dele o único rebite cedo estruturalmente intercambiável com rebites sólidos. [Figura 5-43].

Rebites Wiredraw Cherrylock

Este rebite tem uma ampla gama de tamanhos, materiais, e níveis de resistência. Este tipo de rebite é especialmente adequado para aplicações de selagem e juntas que requerem uma excessiva quantidade de chapas. [Figura 5-44]

Rebites de Travamento Mecânico Huck

Rebites de auto-cravação mecânicos são fabricados em duas seções: uma cabeça e um corpo (incluindo um recesso cônico e um colar de travamento na ca-

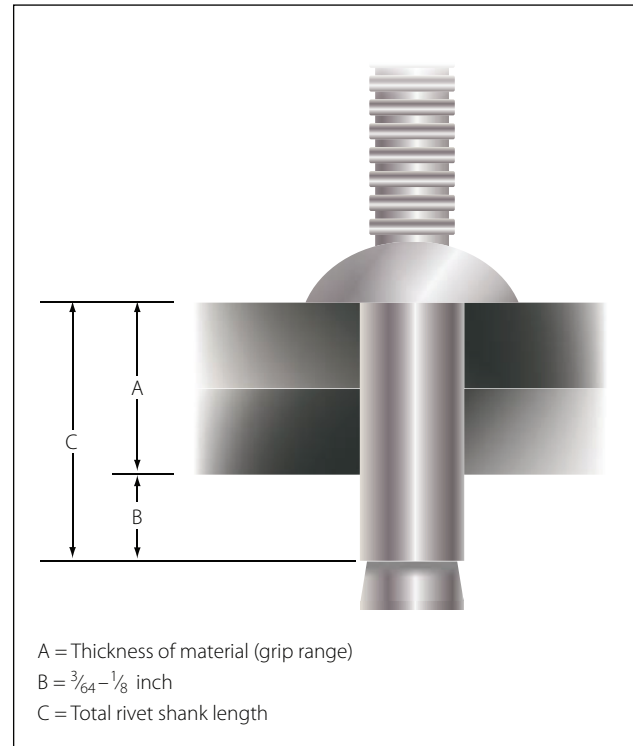


Figura 5-42.

beça), e uma haste serrilhada que se estende pelo corpo. Diferente dos rebites travados por atrito, o rebite travado mecanicamente tem um colar de travamento que forma uma trava positiva para retenção da haste no corpo do rebite. Este colar é colocado em posição durante a instalação do rebite.

Material

Rebites de auto-cravação travados mecanicamente são fabricados com luvas (corpo do rebite) de liga de alumínio 2017 e 5056, Monel e aço inoxidável.

O tipo de travamento mecânico de rebite de auto-cravação pode ser utilizado nas mesmas aplicações que os rebites do tipo de travamento por atrito. Além disso, por causa da sua característica de maior retenção da haste, é recomendado para instalação em áreas sujeitas a vibração considerável.

Os mesmos requisitos gerais devem ser atendidos na seleção do rebite de travamento mecânico que os usados para a seleção dos rebite de travamento por atrito. A composição do material que está sendo unido determina a composição da luva do rebite. Por exemplo, rebites de liga de alumínio 2017 para a maioria das ligas de alumínio e rebites de alumínio 5056 para magnésio.

A Figura 5-46 ilustra as sequencias de um típico rebite cego com travamento mecânico. A forma e função podem variar um pouco entre os estilos de rebites cegos e

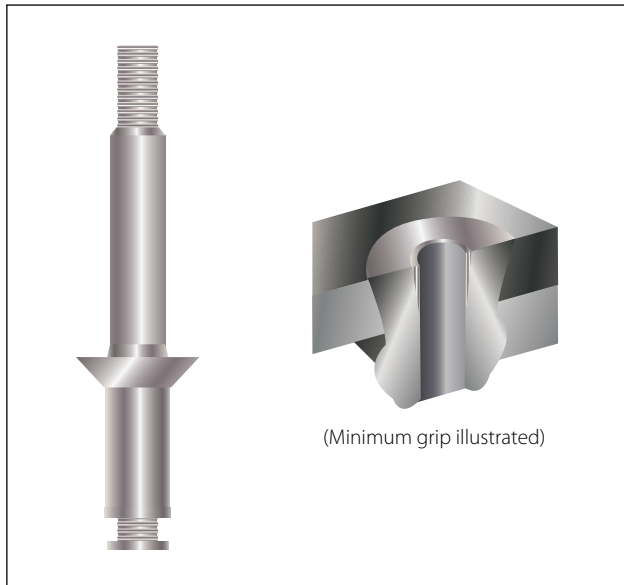


Figura 5-43.



Figura 5-44.

as especificidades devem ser obtidas com os fabricantes.

Estilos de Cabeça

Rebites cegos de auto-cravação travados mecanicamente estão disponíveis em diversos estilos de cabeça, dependendo dos requisitos da instalação. [Figura 5-47]

comprimento total do corpo do rebite. Como regra geral o corpo do rebite deve ser mais longo que a espessura do material em aproximadamente 3/64 de polegada até 1/8 de polegada antes que a haste seja puxada. [Figura 5-50]

Diâmetros

O diâmetro do corpo é medido com incrementos de 1/32 de polegada e geralmente identificados pelo primeiro número traço: -3 indica 3/32 de polegada de diâmetro, -4 indica 4/32 de polegada de diâmetro, e assim por diante.

Tanto o diâmetro nominal como o de supermedida de 1/64 de polegada são fornecidos.

Espessura do Material

A espessura refere-se ao máximo total de espessura de chapas que podem ser rebitadas e é medida em 1/6 de polegada. Este é normalmente identificado por um segundo número traço. A não ser que dito de outra forma a maioria dos rebites cegos tem a sua espessura máxima marcada na cabeça do rebite e variação de espessura em 1/16 polegada. [Figura 5-48]

Para determinar o rebite apropriado para ser utilizado meça a espessura do material com um medidor especial (fornecido pelo fabricante do rebite cego). O uso correto do medidor é mostrado na Figura 5-49.

A espessura do material a ser rebitado determina o

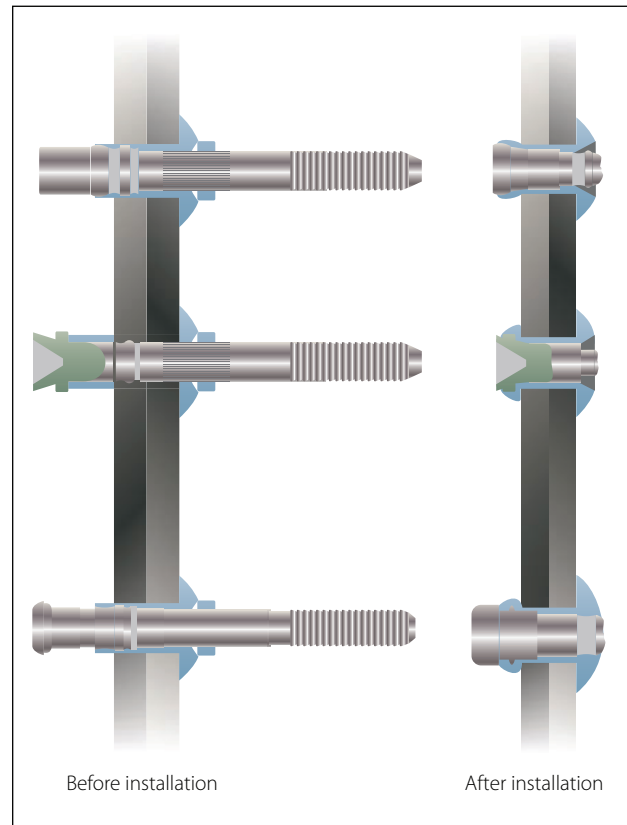


Figura 5-45.

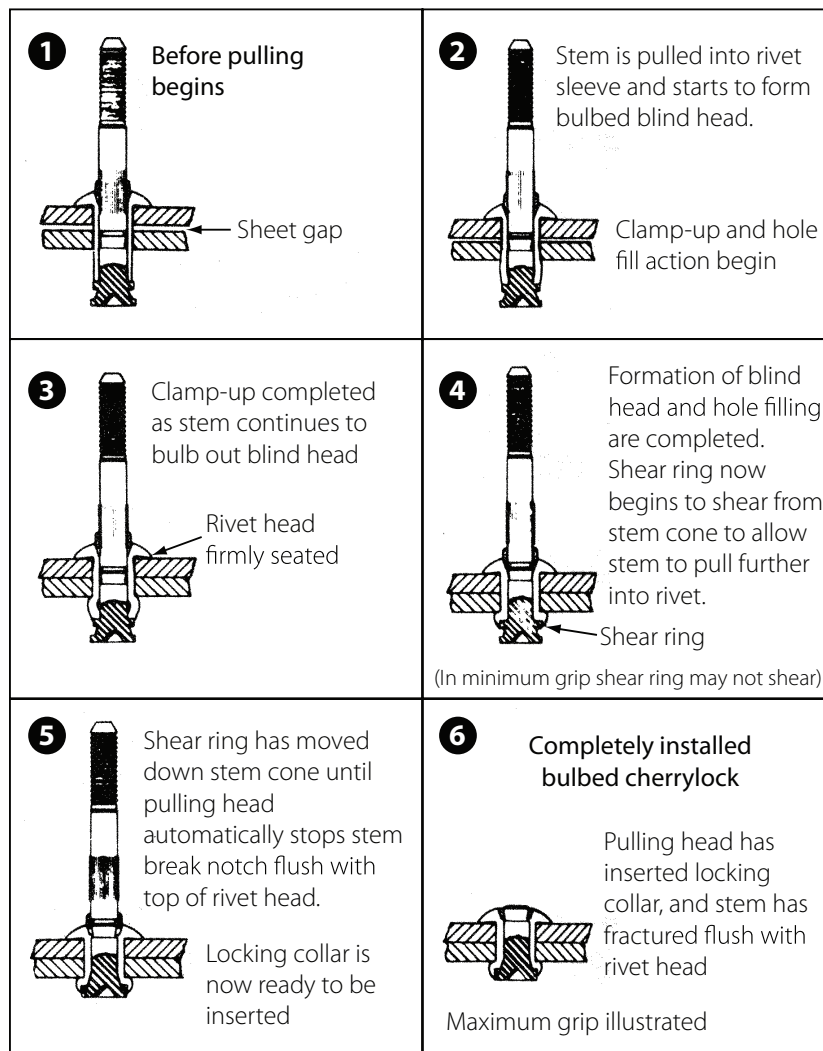


Figura 5-46.

Identificação do Rebite

Cada fabricante de rebites de auto-cravação (travamento por atrito) ter um código numérico para auxiliar os usuários a obter o rebite correto para uma determinada espessura de material de cada instalação. Além disso, os números MS são utilizados para propósitos de identificação. As figuras 5-51 até 5-54 contém exemplos de números de parte para rebites de auto-cravação (travamento por atrito) representativos.

Fixadores de Suporte de Carga e de Cisalhamento Especial

Muitos fixadores especiais produzem alta resistência com baixo peso e podem ser usados no lugar de porcas e parafusos AN convencionais. Quando os parafusos AN são apertados com a porca o parafuso se estica, estreitando o diâmetro e então o parafuso não está mais apertado no furo. Fixadores especiais eliminam este encaixe frouxo porque eles são mantidos no lugar

por um colar que os aperta na posição. Estes fixadores não estão sob as mesmas cargas tração que um parafuso está durante a instalação. Fixadores especiais também são utilizados extensivamente em aeronaves esportivas leves (LSA). Sempre siga as recomendações do fabricante.

Rebites de Pinos / Rebites High-Shear

Rebites de Pinos (High-Shear) são classificados como rebites especiais mas não são do tipo cego. Para instalar este tipo de rebite é necessário acesso a ambos os lados do material. Estes rebites tem a mesma resistência de cisalhamento dos parafusos de igual diâmetro, com 40% do peso de um parafuso, e demandam apenas 1/5 do tempo de instalação da combinação de parafuso, porca e arruela. Eles são aproximadamente três vezes mais fortes e sólidos que um rebite sólido. Os rebites High-Shear são essencialmente parafusos

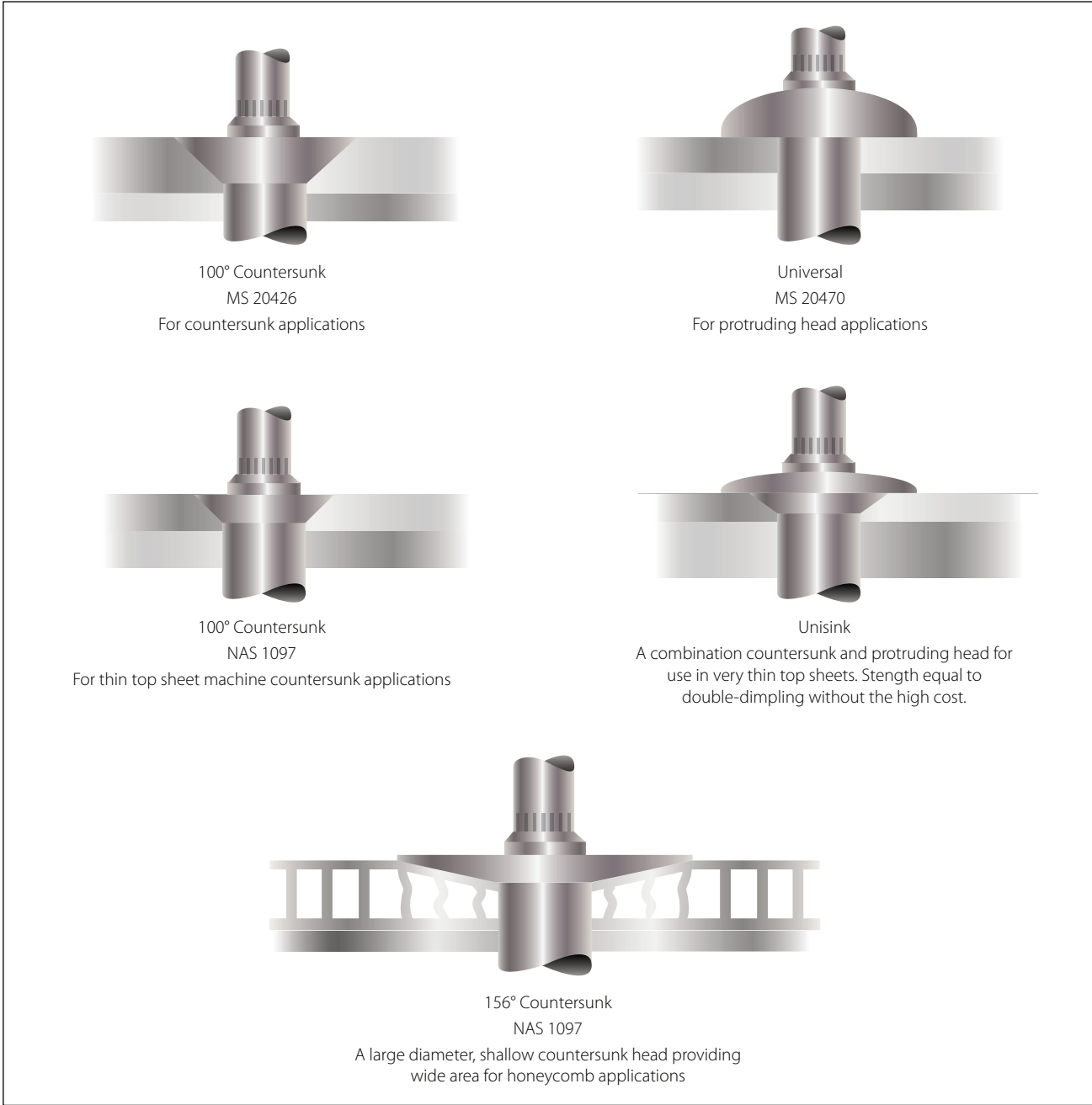


Figura 5-47.

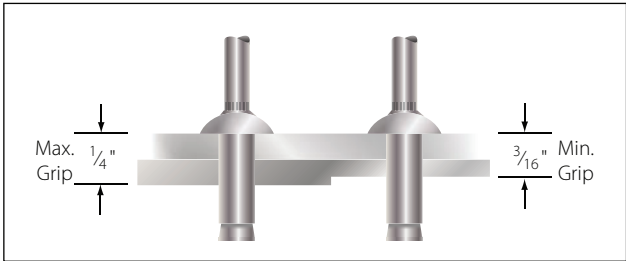


Figura 5-48.

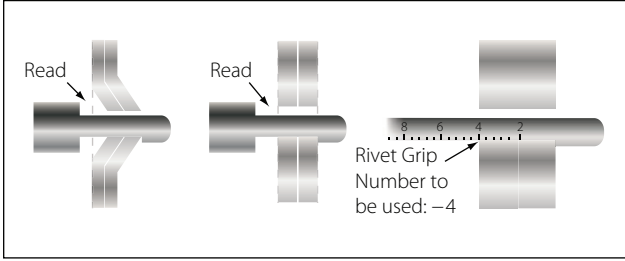


Figura 5-49.

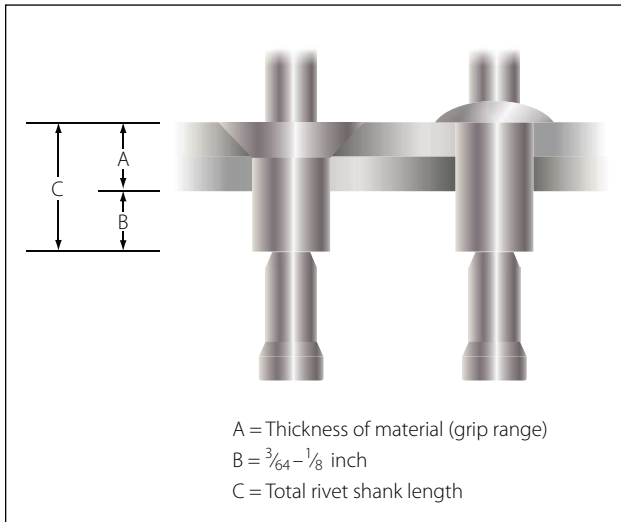


Figura 5-50.

sem rosca. Ele é um pino, com cabeça em uma das pontas e sulcado próximo da circunferência da outra extremidade. Um colar de metal é estampado próximo do sulco, produzindo uma fixação firme e forte. [Figura 5-55] Os rebites High-Shear são fabricados em diversos materiais, mas devem ser utilizados apenas em aplicações de cisalhamento. Eles nunca devem ser usados onde a distância de pega for menor que o diâmetro do rebite.

Números de parte para rebites High-Shear podem ser interpretados para dar o diâmetro e a comprimento de pega dos rebites individuais. Um número parte típico seria:

NAS177-14-17
 NAS = National Aircraft Standard
 177 = rebite com cabeça rebaixada 100°
 OR 178 = rebite de cabeça chata
 14 = diâmetro nominal em 32 avos de polegada
 17 = comprimento de pega máxima em 16 avos de polegada

Huck Manufacturing Comany
9SP-B A 6 3

9SP-B | Head Style
 9SP-B = brazier or universal head
 9SP-100 = 100° countersunk head

A | Material composition of shank
 A = 2017 aluminium alloy
 B = 5056 aluminium alloy
 R = mild steel

6 | Shank diameter in 32nds of an inch:
 4 = $\frac{1}{8}$ inch 6 = $\frac{3}{16}$ inch
 5 = $\frac{5}{32}$ inch 8 = $\frac{1}{4}$ inch

3 | Grip range (material thickness) in 16ths of an inch

Figura 5-51.

Olympic Screw and Rivet Corporation

RV 2 0 0 4 2

- RV** | Manufacturer
 Olympic Screw and Rivet Corporation
- 2** | Rivet type
 2 = self plugging (friction lock)
 5 = hollow pull thru
- 0** | Material composition of shank
 0 = 2017 aluminium alloy
 5 = 5056 aluminium alloy
 7 = mild steel
- 0** | Head style
 0 = universal head
 1 = 100° countersunk
- 4** | Shank diameter in 32nds of an inch:
 4 = $\frac{1}{8}$ inch 6 = $\frac{3}{16}$ inch
 5 = $\frac{5}{32}$ inch 8 = $\frac{1}{4}$ inch
- 2** | Grip range in 16ths of an inch

Figura 5-52.

Townsend Company, Cherry Rivet Division

CR 163 6 6

- CR** | Cherry rivet
- 163** | Series number
 Designates rivet material, type of rivet, and head style (163 = 2117 aluminium alloy, self-plugging (friction lock) rivet, protruding head)
- 6** | Shank diameter in 32nds of an inch:
 4 = $\frac{1}{8}$ inch 6 = $\frac{3}{16}$ inch
 5 = $\frac{5}{32}$ inch 8 = $\frac{1}{4}$ inch
- 6** | Grip range (material thickness):
 knob stem in 32nds of an inch; serrated stem in 16ths of an inch

Figura 5-53.

Military Standard Number

MS 20600 B 4 K 2

- MS** | Military Standard
- 20600** | Type of rivet and head style:
 20600 = self-plugging (friction lock) protruding head
 20600 = self-plugging (friction lock) 100° countersunk head
- B** | Material composition of sleeve:
 AD = 2117 aluminium alloy
 B = 5056 aluminium alloy
- 4** | Shank diameter in 32nds of an inch:
 4 = $\frac{1}{8}$ inch 6 = $\frac{3}{16}$ inch
 5 = $\frac{5}{32}$ inch 8 = $\frac{1}{4}$ inch
- K** | Type of stem:
 K = knot head stem
 W = serrated stem
- 2** | Grip range (material thickness) in 16ths of an inch

Figura 5-54.



Figura 5-55.

Taper-Lok

Taper-Loks são os fixadores especiais mais fortes utilizados na construção de aeronaves. O Taper-Lok exerce uma força nas paredes do furo por causa do seu formato cônico. O Taper-Lok é projetado para preencher completamente o furo, mas diferente do rebite ele preenche o furo sem deformação do corpo. Ao invés disso, a arruela da porca aperta o metal com muita força contra as paredes cônicas do furo. Isto cria uma compressão radial ao redor do corpo e linhas de compressão vertical. A combinação destas forças gera uma força que nenhum outro fixador consegue gerar.

Hi-Tigue

O fixador especial Hi-Tigue tem um BEAD que circula a extremidade do corpo. O BEAD provoca uma pré-carga no furo que ele preenche, aumentando a resistência da união. Na instalação, o BEAD pressiona contra as paredes do furo exercendo uma força radial que fortalece a área circundante. Por ser pré-carregada a junta não está sujeita a uma ação cíclica constante que normalmente faz com que a junta venha a falhar.

Fixadores Hi-Tigue são feitos de ligas de alumínio, titânio e aço inoxidável. Os colares são feitos de ligas de metal compatíveis e vem em dois tipos: selante e não selante. Assim como os Hi-Loks eles podem ser instalados usando-se uma chave Allen e uma chave de boca. [Figura 5-57]

Prendedor Prisioneiro

Os prendedores prisioneiros são usado para remoção rápida das naceles do motor, janelas de inspeção e

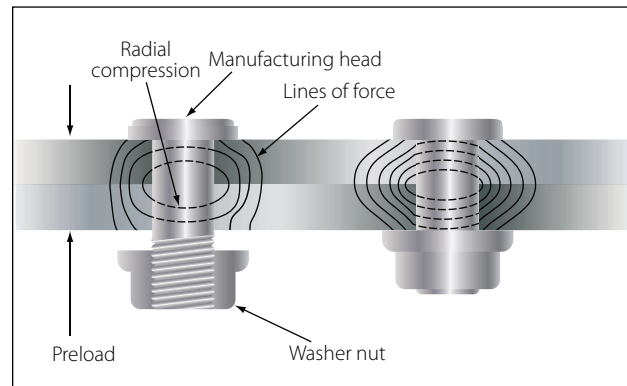


Figura 5-56.

áreas onde é importante que se tenha acesso fácil e rápido. Um prisioneiro tem a habilidade de girar dentro do corpo em que está montado, mas de onde não sairá quando estiver desatarrachado da parte que o prende.

Prendedores Turnlock

Os prendedores turnlock são utilizados para prender janelas de inspeção, portas e outros painéis removíveis da aeronave. Os prendedores turnlock também são chamados de abertura rápida, ação rápida e prendedores para painéis trabalhantes. A característica mais desejável destes prendedores é que eles permitem remoção rápida e fácil para acesso aos painéis de inspeção.

Os prendedores turnlock são produzidos e fornecidos por diversos fabricantes com uma grande variedade de nomes comerciais. Alguns dos nomes mais utilizados são Dzus, Camloc e Airloc.

Prendedores Dzus

Os prendedores turnlock Dzus consistem de um pino prisioneiro, um ilhós e um receptáculo. A Figura 5-58 ilustra um fixador Dzus instalado e suas partes.

O ilhós é feito de alumínio ou liga de alumínio. Ele atua como um dispositivo de fixação para o prisioneiro. Os ilhoses podem ser fabricados de tubos de alumínio 1100, caso não sejam encontrados através do fornecimento normal.

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

Os prisioneiros são fabricados de aço e banhados de cádmio. Eles estão disponíveis em três estilos de cabeça: borboleta, plana e oval. O diâmetro do corpo, comprimento e tipo de cabeça podem ser identificados ou determinados pelas marcações encontradas na cabeça do prisioneiro. [Figura 5-59] O diâmetro sem-

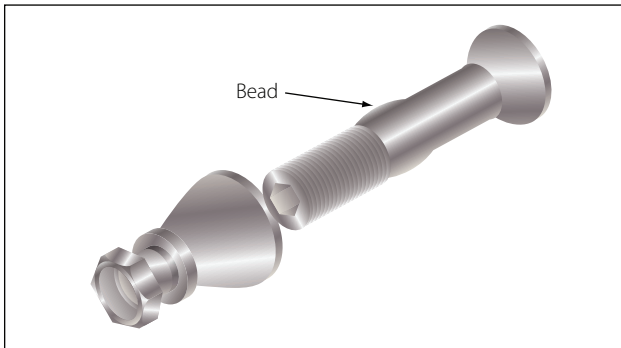


Figura 5-57.

pre é medido em 16 avos de polegada. O comprimento do prisioneiro é medido em centésimos de polegada e é a distância da cabeça do prisioneiro até ponta do orifício da mola.

Um quarto de volta do prisioneiro no sentido horário tranca o prendedor. O prendedor pode ser solto apenas girando-o no sentido anti-horário. Uma chave Dzus ou uma chave de fenda comum para destravar o prendedor.

Prendedores Camloc

Os prendedores Camloc são produzidos em uma variedade de estilos e modelos. Entre os mais comumente utilizados podemos incluir as séries 2600, 2700,

40S51 e 4002 da linha regular, e o prendedor para painéis trabalhantes na linha de trabalho pesado. Este último é utilizado em painéis trabalhantes que suportam cargas estruturais.

O prendedor Camloc é utilizado para prender coberturas e carenagens de aeronaves. Ele consiste de três partes: um conjunto prisioneiro, um ilhós e um receptáculo. Dois tipos de receptáculos estão disponíveis: rígido e flutuante. [Figura 5-60]

O prisioneiro e o ilhós são instalados na parte removível e o receptáculo é rebitado na estrutura da aeronave. O prisioneiro e o ilhós são instalados em orifícios planos, mameados, escareados ou rebaixados, dependendo da localização e da espessura do material envolvido. Um quarto de volta, no sentido horário, do prisioneiro e o prendedor está trancado. Ele pode ser destrancado girando-se o prisioneiro no sentido anti-horário.

Prendedores Airloc

O prendedor Airloc consiste de três partes: um prisioneiro, um pino cruzado e um receptáculo prisioneiro. [Figura 5-61]. Os prisioneiros são feitos de aço e cementados para evitar desgaste excessivo. O furo do prisioneiro é

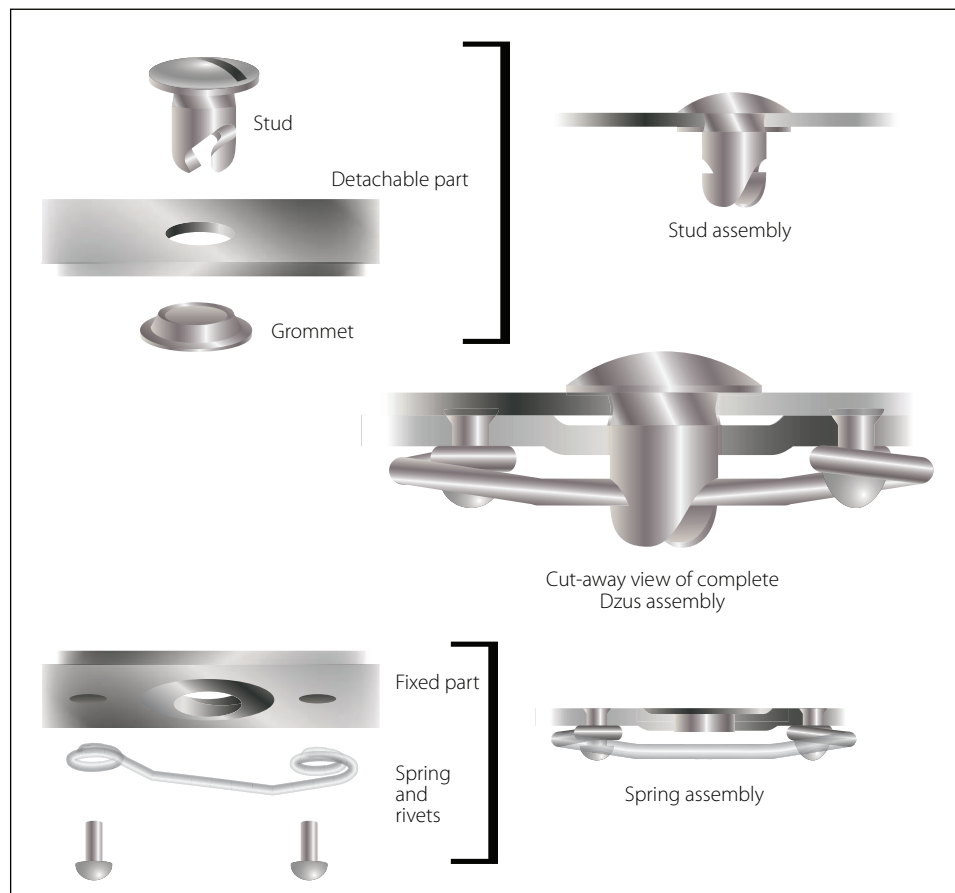


Figura 5-58.

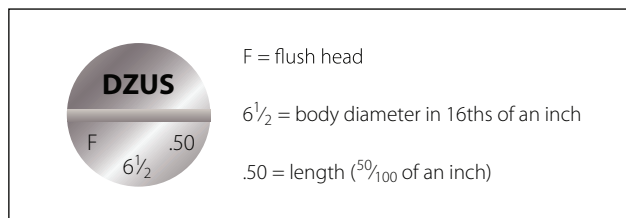


Figura 5-59.

escareado para ajustar o pino cruzado sob pressão.

A espessura total do material a ser fixado pelo prendedor Airloc deve ser conhecida para que se possa selecionar o comprimento correto do prisioneiro. A espessura total do material que cada prisioneiro será capaz de prender de forma satisfatória está estampada na cabeça do prisioneiro em milésimos de polegada (0,040, 0,070, 0,090, e assim por diante). Os prisioneiros são manufaturados em três estilos de cabeça: lisa, oval e borboleta.

O pino [Figura 5-61] é produzido em aço cromo-vanádio e tratado termicamente para que se consiga máxima resistência, utilização e conservação de força. Ele nunca deve ser reutilizado. Uma vez que tenha sido removido do prisioneiro deve ser substituído por um novo.

Os receptáculos do prendedor Airloc são manufaturados em dois tipos: rígido e flutuante. Os tamanhos são classificados pelo número – No. 2, No. 5 e No. 7. Eles também são classificados pela distância entre o furo dos rebites que fixam o receptáculo. O N. 2 is $\frac{3}{4}$ de polegada; o No. 5 é 1 polegada; o No. 7 é $1\frac{3}{8}$ polegada. Os receptáculos são fabricados a partir de aço com alto teor de carbono e depois termicamente tratados. Um encaixe superior, do tipo borboleta, assegura a ejeção do prisioneiro quando destravado e possibilita que o pino se mantenha na posição travado entre a borboleta superior, o ressalto e o batente, independente da tensão a qual o receptáculo está sujeito.

SCREWS (PARAFUSOS)

Os parafusos são os equipamentos de fixação rosqueados mais comumente utilizados em aeronaves. Eles diferem dos BOLTS por serem, geralmente, feitos de materiais menos resistentes. Eles podem ser instalados com uma rosca com folga e o formato da cabeça é feito para encaixar uma chave de fenda ou de boca. Alguns destes parafusos têm a parte do corpo sem rosca claramente definida, enquanto que outros têm rosca em todo seu comprimento.

Diversos tipos de parafusos estruturais diferem dos BOLTS estruturais padrão apenas pelo seu estilo de

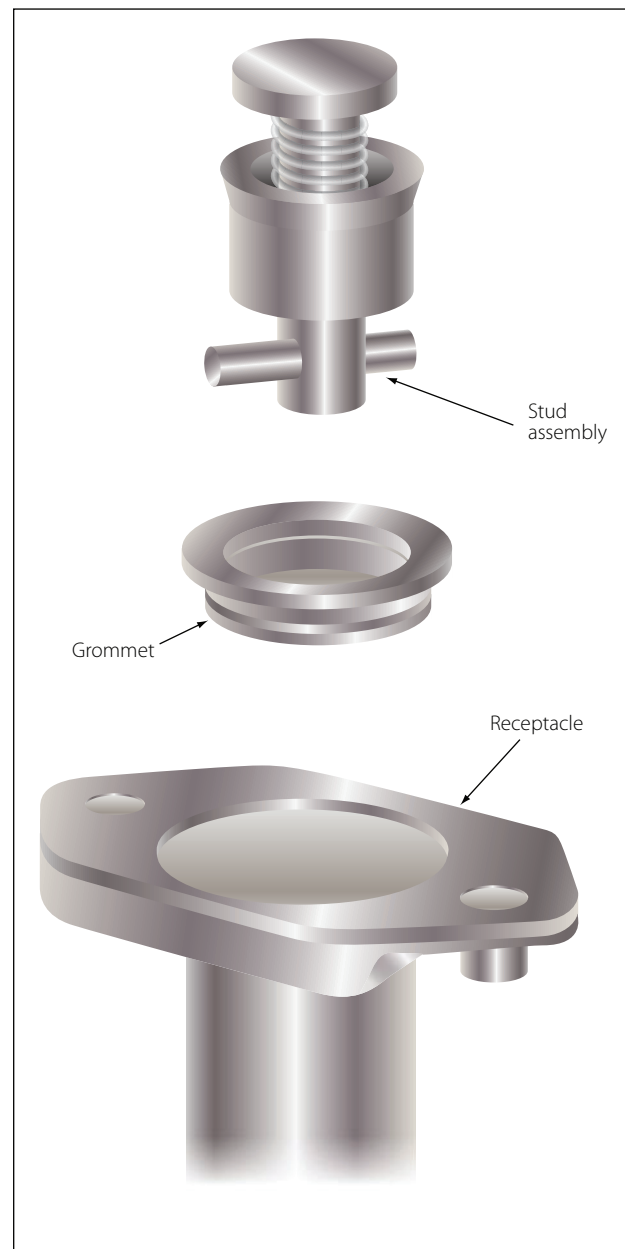


Figura 5-60.

cabeça. O material dos dois é o mesmo, e o pescoço (parte sem rosca) é bem definido. O AN525 com arruela fixa na cabeça e a série do NAS220 até NAS227 são desses parafusos.

Parafusos normalmente utilizados são classificados em três grupos: (1) parafusos estruturais, que tem a mesma resistência que os BOLTS de mesmo tamanho; (2) parafusos de máquina, onde estão incluídos os principais tipos utilizados para reparos em geral, e: (3) parafusos de rosca soberba, que são utilizados para unir partes mais leves. Um quarto grupo, parafusos de encaixe, na verdade não são parafusos, mas sim pinos. Eles são colocados em peças de metal com uma marreta ou martelo e suas cabeças não tem fendas ou recessos.

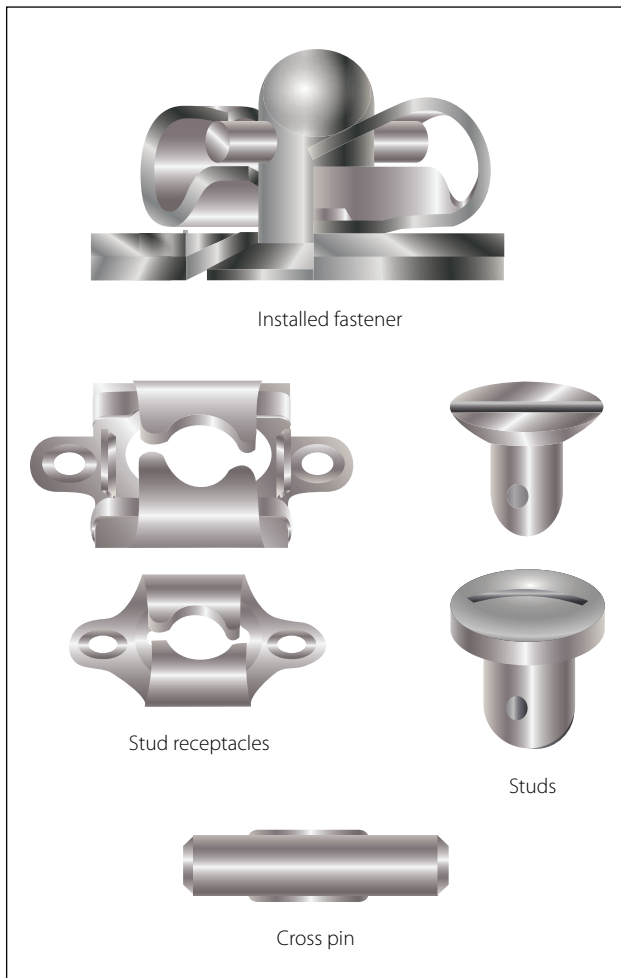


Figura 5-61.

Parafusos Estruturais

Parafusos estruturais são feitos de ligas de aço e recebem tratamento térmico adequado, podendo ser utilizados como BOLTS estruturais. Estes parafusos são encontrados das séries NAS204 até NAS235 e de NAS509 até NAS525. Eles tem um aperto definido e a mesma resistência de cisalhamento que um BOLT do mesmo tamanho. As tolerâncias do corpo são as mesmas de um BOLT AN de cabeça sextavada, e as roscas são National Fine. Parafusos estruturais são encontrados com cabeça redonda, de lenticilha ou rebaixada. Os parafusos com encaixe na cabeça são girados por chaves Phillips ou Reed & Prince.

O parafuso AN509 (100°) de cabeça chata é usado em furos escareados onde é necessário uma superfície plana.

O parafuso AN525 de arruela fixa é usado onde as cabeças protuberantes não causam problemas. O parafuso de arruela fixa proporciona uma área de contato maior.

Parafusos de Máquina

Parafusos de máquina normalmente tem cabeça chata (escareada), redonda ou de arruela fixa. Estes são parafusos para uso geral e estão disponíveis em aço de baixo carbono, bronze, aço resistente a corrosão e liga de alumínio.

Os parafusos de cabeça redonda AN515 e AN520 têm cabeças fendidas ou em cruz. O parafuso AN515 tem rosca grossa e o AN520 tem rosca fina.

Parafusos de máquina de cabeça escareada estão listados como AN505 e AN510 de 82° e AN507 de 100°. O AN505 e AN510 correspondem ao AN515 e AN520, tanto em termos de materiais como uso.

Os parafusos de cabeça cilíndrica, do AN500 até o AN503, são parafusos de uso geral e utilizados em tampas de mecanismos leves, podendo aí incluir coberturas de alumínio de caixas de engrenagens.

Os parafusos AN500 e AN501 estão disponíveis em aço de baixo carbono, aço resistente a corrosão e bronze. O AN500 tem rosca grossa enquanto que o AN501 tem rosca fina. Eles não tem uma boa definição da parte do corpo sem rosca.

Os parafusos maiores que o No. 6 tem um furo na cabeça para frenagem.

O AN502 e o AN503 de cabeça cilíndrica são feitos de liga de alumínio termicamente tratada, têm o pescoço curto e estão disponíveis em rosca fina e grossa. Estes parafusos são utilizados como parafusos de fixação de tampas, onde seja necessária muita resistência. Os parafusos de rosca grossa são normalmente utilizados como parafusos de fixação de tampas em ligas de alumínio e magnésio fundidos, devido a fragilidade do metal.

Parafusos de Rosca Soberba

Os parafusos de máquina de rosca soberba são listados como AN504 e AN506. O AN504 tem a cabeça redonda e o AN506 a cabeça escareada a 82°. Estes parafusos são usados para fixar partes removíveis, tais como chapas de inscrição, peças fundidas e partes onde o próprio parafuso corte os fios da rosca.

O AN530 e o AN531 de rosca soberba são para chapas de metal, tais como os parafusos Parker-Kalon tipo Z, tem a ponta rombuda. Eles são usados na fixação temporária do metal para rebiteagem, e na montagem per-

manente de conjuntos não estruturais. Parafusos de rosca soberba não devem ser utilizados para substituir parafusos padrão, porcas, BOLTS ou rebites.

Parafusos de Encaixe

Os parafusos de encaixe AN535 correspondem aos Parker-Kalon tipo U. Eles são parafusos de rosca soberba de cabeça lisa usados para fixação de chapas de inscrição em fundidos e para selar furos de drenagem em tubulações estruturais resistentes a corrosão. Não é prevista a remoção destes parafusos após sua instalação.

Identificação e Codificação dos Parafusos

O sistema de código utilizado para identificar os parafusos é igual ao utilizado para BOLTS. Existem parafusos AN e NAS. Os parafusos NAS são parafusos estruturais. Números parte 510, 515, 550 e assim por diante, catalogam os parafusos por classes, como de cabeça redonda, chata, arruela fixa, e assim por diante. Letras e dígitos indicam o seu material de composição, comprimento e espessura. Exemplos de números de código de parafusos AN e NAS:

AN501B-416-7

AN = Air Force-Navy Standard

501 = cabeça cilíndrica, rosca fina

B = bronze

416 = 4/16 polegada de diâmetro

7 = 7/16 polegada de comprimento

A letra “D” no lugar do “B” indicaria que o material é a liga de alumínio 2017-T. A letra “C” designaria aço resistente a corrosão. Um “A” colocado antes do código de letras do material indicaria que a cabeça é furada para frenagem.

NAS144DH-22

NAS = National Aircraft Standard

144 = estilo da cabeça, diâmetro e rosca – 1/4-28

BOLT, com encaixe interno para ferramenta

DH = cabeça furada

22 = comprimento do parafuso em 16 avos de polegada 1³/₈ polegada de comprimento.

Os números NAS básicos identificam a peça. As letras do sufixo e os números traço separam tamanhos diferentes, camada protetora do material, especificações de furo, e assim por diante. O número traço e as letras do sufixo não têm significados padrão. É necessário consultar uma página específica NAS, no livro dos padrões, para ver as legendas.

NUTPLATES Placas de Porca Rebitadas e Não Rebitadas Quando o acesso a parte de trás do trabalho para a instalação de um parafuso ou BOLT não é possível, placas de porca rebitadas ou não rebitadas são utilizadas para prender os painéis. Um exemplo de como esta técnica é útil na aviação é para prender as placas do soalho as longarinas, e umas as outras.

Porca Fixa

As porcas que são feitas para serem rebitadas na aeronave são chamadas de porcas fixas. Seu propósito é permitir que BOLTS e SCREWS sejam inseridos sem que seja preciso segurar a porca. Elas são fixas de forma permanente para permitir que as janelas de inspeção e portas de acesso sejam facilmente removidas e instaladas. Quando muitos parafusos são usados em um painel, para facilitar a instalação, normalmente são utilizadas forcas de fixação flutuantes. A porca de fixação flutuante se encaixa em uma braçadeira pequena que é rebitada no revestimento da aeronave. A porca tem movimento livre, o que torna muito mais fácil o alinhamento com o parafuso. Para facilitar a produção, algumas vezes porcas GANGED são utilizadas nas janelas de inspeção. As porcas GANGED permitem que as porcas fluam em um canal, facilitando o alinhamento com o parafuso.

Porcas fixas de auto-freno são feitas em diversos padrões e em muitos tamanhos e modelos. As Figuras 5-62 mostram uma MS21078 TWO-LUG com uma inserção não metálica, e uma MS21047 leve, toda metálica, 450°F (232°C). As porcas fixas podem também ter três pontos para rebitagem, caso seja necessária mais resistência.

Porca-Rebite RIVNUTS

Este é um nome comercial para um rebite oco e cego, feito de liga de alumínio 6053, escareada e com rosca interna. Rivnuts podem ser instaladas por uma pessoa usando uma ferramenta especial que forma a cabeça do rebite no lado cego do material. O Rivnut é atarraxado no mandril da ferramenta e inserido no furo do rebite. A ferramenta deve ser mantida em ângulo reto nos materiais, e o cabo da ferramenta acionado. O mandril, após cada acionamento, gira no sentido horário, até que seja sentida uma resistência sólida, o que indica que o rebite está colocado.

O Rivnut é usado primariamente 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 para a

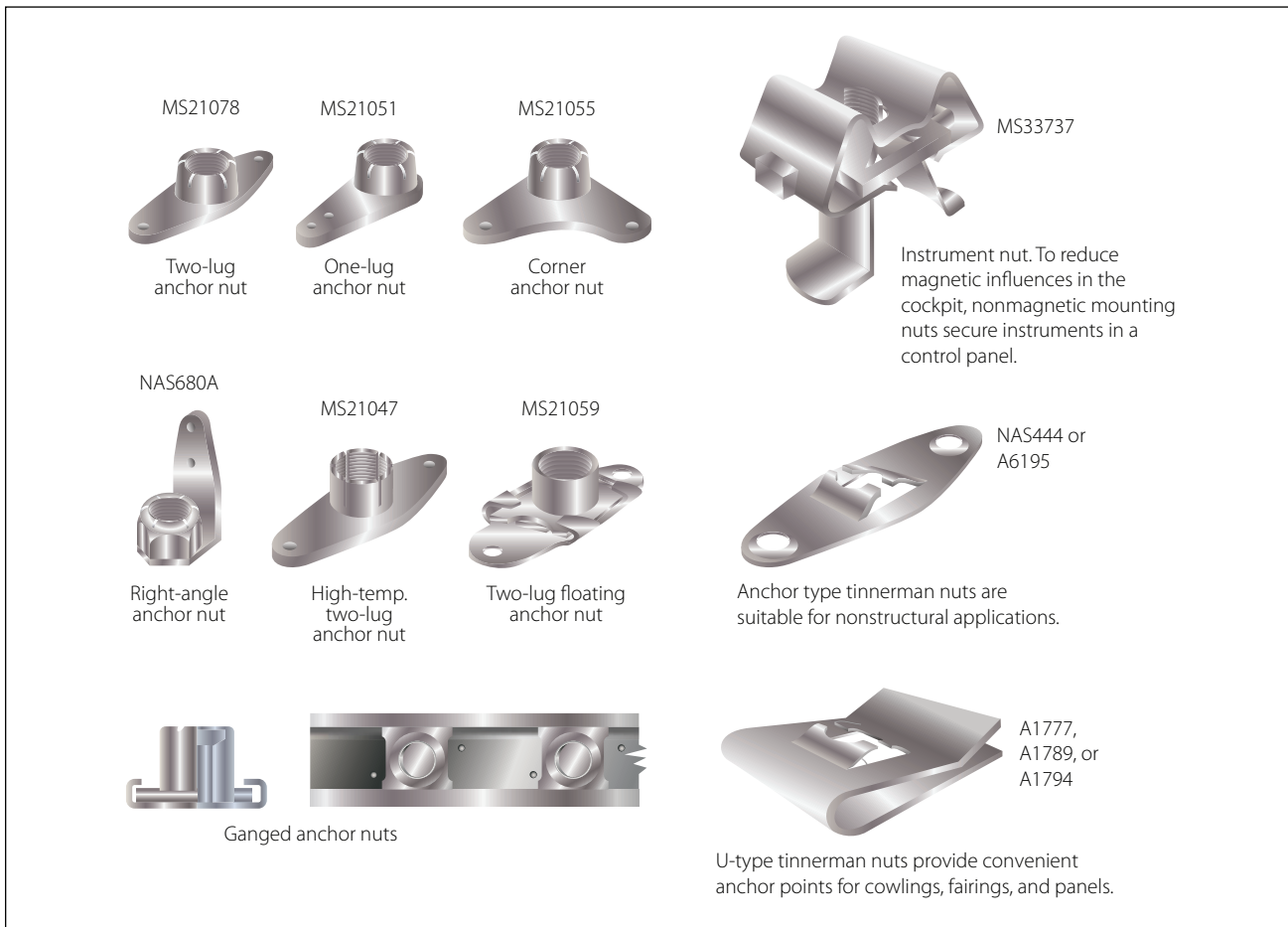


Figura 5-62.

fixação de acessórios como braçadeiras. Carenagens, instrumentos ou materiais de isolamento acústico.

Rivnuts são fabricadas com dois tipos de cabeça, cada uma com duas pontas: a de cabeça chata com ponta aberta ou fechada, e a de cabeça escareada com ponta aberta ou fechada. Todas Rivnuts, exceto a de cabeça escareada do tipo fino, estão disponíveis com ou sem pequenas projeções (chavetas) sob a cabeça para impedir que a Rivnut gire. Rivnuts com chaveta são utilizadas como porcas fixas, enquanto as sem chaveta são usadas para alinhar reparos de rebites cegos onde não existe nenhuma carga de torque. Quando Rivnuts com chaveta são instaladas é necessário o uso de uma ferramenta cortadora para chavetas.

A Rivnut de cabeça escareada é feita com dois ângulos de cabeça diferentes: de 100° com 0,048 e 0,063 polegada de espessura da cabeça, e a de 115° com 0,063 polegada de espessura da cabeça. Cada um destes estilos de cabeça é produzido em três tamanhos: 6-32, 8-32 e 10-32. Estes números representam a medida do parafuso de máquina da rosca interna do Rivnut. O diâmetro externo real do corpo da Rivnut é de 3/16 polegada para a de tamanho 6-32, 7/32 polegada para a de

tamanho 8-32 e 1/4 polegada para a de tamanho 10-32.

Rivnuts de ponta aberta são mais amplamente utilizadas e recomendadas, tendo preferência sobre as de ponta fechadas sempre que possível. Contudo, as Rivnuts de ponta fechada devem ser utilizadas em compartimentos pressurizados.

As Rivnuts são fabricadas em seis medidas de pega. A menor medida de pega é indicada tem a cabeça lisa. A imediatamente superior possui um traço no sentido radial na cabeça. Cada medida subsequente recebe um traço a mais, até que cinco traços indiquem a maior medida de pega.

Repare na Figura 5-63 que alguns números de parte, em código, consistem de um “6”, um “8” ou um “10”, um “traço”, e mais dois ou três números. Em alguns o traço é substituído por letras como “K” ou “KB”. O primeiro número indica a medida do parafuso de máquina da cabeça, e os dois ou três números indicam a distância máxima de pega em milésimos de polegada. Um traço entre os números indica que a Rivnut tem a ponta aberta e não possui a chaveta sobre a cabeça.

Flat — 0.32 Head Thickness		
6-45	6-75	6-100
8-45	8-75	8-100
10-45	10-75	10-100
6B45	6B75	6B100
8B45	8B75	8B100
10B45	10B75	10B100
6K45	6K75	6K100
8K45	8K75	8K100
10K45	10K75	10K100
6KB45	6KB75	6KB100
8KB45	8KB75	8KB100
10KB45	10KB75	10KB100
100° — 0.48 Head Thickness		
6-91	6-121	6-146
8-91	8-121	8-146
10-91	10-121	10-146
6B91	6B121	6B146
8B91	8B121	8B146
10B91	10B121	10B146
100° — 0.63 Head Thickness		
6-106	6-136	6-161
8-106	8-136	8-161
10-106	10-136	10-161
6B106	6B136	6B161
8B106	8B136	8B161
10B106	10B136	10B161
6K106	6K136	6K161
8K106	8K136	8K161
10K106	10K136	10K161
6KB106	6KB136	6KB161
8KB106	8KB136	8KB161
10KB106	10KB136	10KB161

Figura 5-63.

Um “B” no lugar do traço significa que tem a ponta fechada e não tem chaveta, um “K” significa que tem a ponta fechada e tem uma chaveta. Um “KB” indica que tem a ponta fechada e uma chaveta. Se os dois ou três últimos números são divisíveis por cinco a Rivnut tem cabeça chata, e se não forem divisíveis por cinco tem a cabeça escareada.

Um exemplo de número de parte codificado é:

10KB106

10 = distância de pega

KB = ponta fechada e com chaveta

106 = medida do parafuso e da rosca

Rebites Dill

Dill “Lok-Skru” e “Lok-Rivet” são nomes comerciais para rebites com rosca interna. Eles são usados na fixação cega de acessórios como carenagens, coberturas de portas de acesso, molduras de portas e janelas, painéis de piso e outros semelhantes. Lok-Skrus e Lok-Rivets tem aparência e aplicação similar aos Rivnuts. Contudo, eles vem em duas partes e precisam de mais espaço do que o Rivnut no lado cego para acomodar o corpo. [Figura 5-64]

O Lok-Rivet e o Lok-Skru tem construção semelhante, exceto que o Lok-Skru tem uma rosca interna para fixar um acessório usando um parafuso de fixação, onde o Lok-Rivet não é rosqueado e pode ser usado apenas como um rebite. Como tanto Lok-Skrus e Lok-Rivets são instalados da mesma maneira, a discussão a seguir sobre o Lok-Skru também se aplica ao Lok-Rivet.

As partes principais de um Lok-Skru são o corpo, a cabeça e o dispositivo de fixação. O corpo é feito de

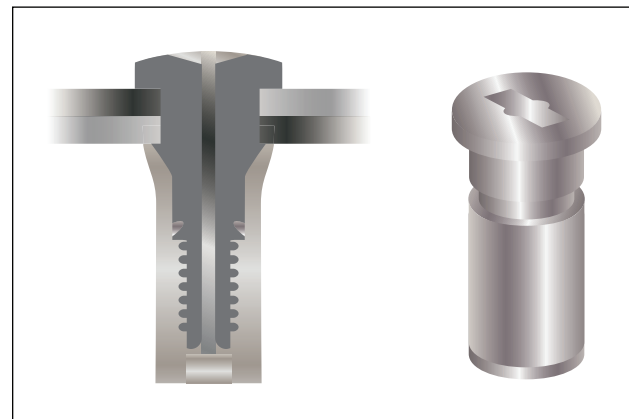


Figura 5-64.

liga de alumínio e pode ter a ponta tanto aberta como fechada. A cabeça é feita ou de liga de alumínio ou de aço, e o dispositivo de fixação é feito de aço. Todas as partes de aço recebem banho de cádmio, e todas as partes de alumínio são anodizadas para resistir a corrosão. Quando instalado, o corpo é rosqueado na cabeça prendendo o metal na parte cega. Existem dois tipos de cabeça: a cabeça chata e a escareada. O Lok-Skru é adequado para os parafusos 7-32, 8-32, 10-32, ou 10-24, e o diâmetro varia de 0,230 polegada para parafusos 6-32 até 0,292 polegada para parafusos 10-32. A distância de pega varia de 0,010 polegada até 0,225 polegada.

Rebites Deutsch

Este rebite é um rebite cego de alta resistência utilizado nos antigos modelos de aeronaves. Ele tem uma resistência de cisalhamento mínima de 75.000 psi e pode ser instalado por uma pessoa. O rebite Deutsch consiste de duas partes: a luva de aço inoxidável e o pino de aço edurecido. [Figura 5-65]. O pino e a luva são cobertos com um lubrificante e um inibidor de corrosão.

O rebite Deutsch está disponível nos diâmetros de 3/16, 1/4 ou 3/8 polegada. As distâncias de pega para este rebite variam de 3/16 até 1 polegada. Permite-se alguma variação da distância de pega quando se instala o rebite: por exemplo, um rebite com uma distância de pega de 3/16 polegada pode ser usado onde a espessura total do material estiver entre 0,198 e 0,228 polegada.

Para a cravação de um rebite Deutsch utiliza-se um martelo comum ou uma rebitadora pneumática, assim como um conjunto de cabeça chata. O rebite é posicionado no furo previamente feito e então o pino é cravado dentro da luva. A ação de cravação faz com

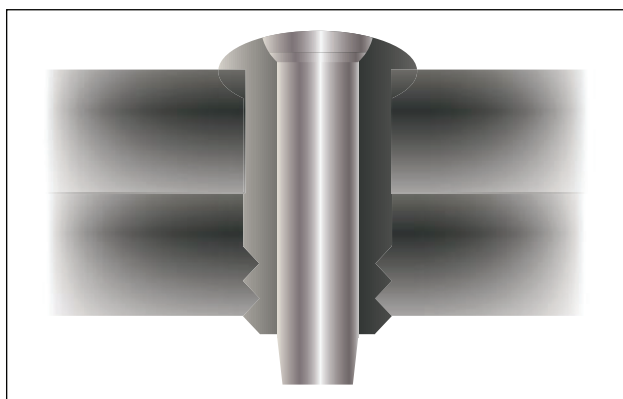


Figura 5-65.

que o pino exerça uma pressão contra a luva e force os lados da luva para fora. Esta dilatação forma a cabeça de oficina do outro lado do rebite e promove uma fixação positiva. O sulco, na cabeça do rebite, trava o pino quando as últimas batidas são dadas.

Porca Fixa Selante

Quando porcas fixas são utilizadas em aeronaves pressurizadas e em células de combustível utiliza-se uma porca fixa selante ao invés daquela com a extremidade aberta descrita anteriormente. Deve se tomar cuidado para usar o comprimento correto de parafuso (BOLT ou SCREW). Se o parafuso for muito curto não terá rosca o suficiente para segurar o dispositivo no lugar. Se for muito longo ele penetrará no lado de trás da porca fixa e comprometerá a vedação. Um selante é normalmente utilizado para assegurar a selagem completa da porca fixa. Verifique as especificações do fabricante para qual selante a ser usado com as porcas fixas selantes.

Reparo de Furos e Equipamento Para o Reparo de Furos

Muitos prendedores cegos são produzidos em tamanhos maiores para acomodar furos levemente aumentados, resultado da remoção do prendedor original. Quando rebites ou BOLTS forem utilizados deve-se tomar cuidado para garantir que o furo não seja alongado ou inclinado.

Para se reduzir a possibilidade de um furo de rebite ou parafuso ser furado incorretamente, use uma broca um pouco menor, e então alargue o furo para o diâmetro correto. O último passo na preparação do furo para receber o prendedor é rebarbar o furo usando-se uma broca muito grande ou uma ferramenta para rebarba. Esta prática também funciona bem quando um prendedor previamente utilizado é removido. Se a broca não encontrar exatamente o centro do rebite ou parafuso, o furo pode facilmente ser alongado, mas se for utilizada uma broca menor, fure apenas a cabeça para fora do prendedor, e então o anel e haste restantes podem ser removidos com um punção do diâmetro apropriado. Se encontrar um furo feito de forma incorreta as opções são aumentar o furo para um diâmetro maior ou reparar o furo usando uma luva prendedora Acres.

Reparo de Furos Danificados com Luvas Prendedoras Acres

As luvas prendedoras Acres são elementos tubulares de parede fina com a cabeça em ângulo. As luvas são

instaladas em furos para aceitar parafusos padrão ou prendedores do tipo rebite. Os furos existentes são furados em tamanho maior de 1/64 polegada, para a instalação da luva. As luvas são manufaturadas em incrementos de 1 polegada. Ao longo do seu comprimento ranhuras proporcionam locais para corte do excesso de comprimento, para que se obtenha a medida exata. As ranhuras também proporcionam local para que adesivos ou selantes sejam colocados entre a luva e o furo.

Vantagens e Limitações

As luvas são usadas em furos que devem ser feitos em tamanho de 1/64 de polegada maior, para limpar a corrosão ou remover outros danos. O tamanho maior do furo, com a luva instalada, permite o uso do prendedor de tamanho original no furo reparado. As luvas podem ser utilizadas em áreas com alta corrosão galvânica, onde a corrosão deva ser confinada em uma parte prontamente substituível. Os furos de tamanho maior reduzem a espessura da seção em uma área, e não devem ser feitos a não ser que absolutamente necessário.

Consulte o fabricante da aeronave, motor da aeronave ou componente da aeronave antes do reparo de furos danificados com luvas Acres.

Identificação

A luva é identificada por um código numérico padrão [Figura 5-66] que representa o tipo e estilo de luva, código do material, diâmetro do corpo do prendedor, letra código do acabamento da superfície e aperto da espiga na luva. O tipo e material da luva é representado pelo número código base. O primeiro número traço representa o diâmetro da luva para o prendedor instalado e o segundo número traço representa o comprimento da luva. O comprimento necessário da luva é determinado na instalação e o excesso é removido da luva. Uma luva JK5512A-05N-10 tem a cabeça de perfil baixo, ângulo de 100°, feita de liga de alumínio. O diâmetro é para um prendedor de 5/32 polegada sem acabamento de superfície e 5/8 polegada de comprimento.

Preparação do Furo

Consulte a Figura 5-66B para o número da broca para furos padrão e aproximação. Inspecione o furo feito para se certificar que toda a corrosão foi removida antes da instalação da luva. O furo também deve ter o formato correto e livre de rebarbas. O escareado deve ser aumentado para receber a parte chanfrada da luva, assim ela fica no mesmo nível da superfície.

Instalação

Após selecionar a luva de tipo e diâmetro correto use a ferramenta 6501 para cortar o excesso da mesma. Consulte a Figura 5-66B para o procedimento de corte. A luva pode ser instalada com ou sem selante no furo. Quando usar selante utilize o MIL-S-8802A1/2. Reinstale o prendedor do tamanho original e com o torque necessário.

Remoção da Luva

Luvas que não são seladas no furo podem ser removidas usando-se um pino com a medida externa da luva, ou então deformando-a e removendo com uma ferramenta pontiaguda. Luvas com selante podem ser removidas por este método, mas com cuidado para não danificar a estrutura do furo. Se este método não puder ser utilizado broqueie a luva com uma broca 0,004 até 0,008 polegada menor do que aquela que abriu o furo para instalação da luva. A porção remanescente da luva, após a operação com broca, pode ser removida usando-se uma ferramenta pontuda e aplicando-se solvente líquido no selante.

Cabos de Comando e Terminais

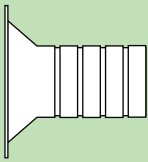
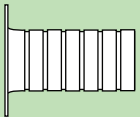
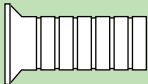
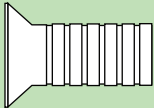
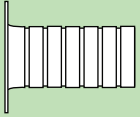
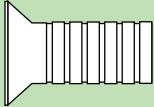
Cabos são o meio mais utilizado para o acionamento dos sistemas primários de controle de voo. Os cabos do tipo ligação também são usados em controles de motores, sistemas de extensão para trens de pouso, e vários outros sistemas da aeronave.

Os comandos por cabos têm diversas vantagens sobre os outros tipos. São fortes, pesam pouco, sua flexibilidade facilita a rota dentro da aeronave. Um cabo de aeronave tem alta eficiência mecânica e podem ser acionados sem folga, o que é muito importante para a precisão dos controles.

Os comandos por cabos também tem algumas desvantagens. A tensão deve ser ajustada frequentemente devido ao esforço e variações de temperatura. Os cabos de comando de aeronaves são fabricados em aço carbono ou aço inoxidável.

Construção dos Cabos

O componente básico de um cabo é o arame. O diâmetro do arame determina o diâmetro total do cabo. Um determinado número de arames é pré-formado em um formato helicoidal ou espiral em uma perna. Estas pernas pré-formadas são enroladas ao redor de uma perna central para formar o cabo. As designações dos cabos são baseados no número

Acres Sleeve	Type	Basic Part Number
	100° Tension head plus flange (509 type)	JK5610
	Protruding head (shear)	JK5511
	100° Low profile head	JK5512
	100° Standard profile head (509 type)	JK5516
	Protruding head (tension)	JK5517
	100° Oversize tension head (¹ / ₆₄ oversize bolt)	JK5533

Part Number Breakdown

JK5511 A 04 N 08 L

JK5511 | Basic part number

A | Material Code ¹

04 | Fastener shank diameter in 32nds

N | Surface finish

N = No finish

C = Chemical film per MIL-C-554

08 | Length in sixteenth-inch increments
(required installation length by breaking off at proper groove)

L | "L" at end of part number indicates cetyl alcohol lubricant

Material	Material Code
5052 Aluminium alloy ¹ / ₂ hard	A
6061 Aluminium alloy (T6 condition)	B
A286 Stainless steel (passivate)	C

Sleeve Part No.	Bolt Size	² Sleeve Length
JK5511()04() JK5512()04() JK5516()04() JK5517()04()	¹ / ₈	8
JK5511()45() JK5512 JK5516()45() JK5517()45()	#6	8
JK5511()05() JK5512()05() JK5516()05() JK5517()05()	⁵ / ₃₂	10
JK5511()55() JK5512()55() JK5516()55() JK5517()55() JK5610()55()	#8	10
JK5511()06() JK5512()06() JK5516()06() JK5517()06() JK5610()06()	#10	12
JK5511()08() JK5512()08() JK5516()08() JK5517()08() JK5610()08()	¹ / ₄	16
JK5511()10() JK5512()10() JK5516()10() JK5517()10() JK5610()10()	⁵ / ₁₆	16
JK5511()12() JK5512()12() JK5516()12() JK5517()12() JK5610()12()	³ / ₈	16

Acres Sleeve for ¹/₆₄ Oversize Bolt

¹ Sleeve Part No.	Bolt Size	² Sleeve Length
JK5533()06() JK5533()08() JK5533()10() JK5533()12()	¹³ / ₆₄ ¹⁷ / ₆₄ ²¹ / ₆₄ ²⁵ / ₆₄	12 16 16 16

Notes:

- ¹ Acres sleeve, JK5533 ¹/₆₄ oversize available in A286 steel only
- ² Acres sleeve length in sixteenth-inch increments

Figura 5-66A.

Hole Preparation for 1/64 Oversize Bolt

Bolt Size	Drill No.	Drill Dia.
13/64	7/32	0.2187
17/64	9/32	0.2812
21/64	11/32	0.3437
25/64	13/32	0.4062

Hole Preparation

Bolt Size	Standard Fit		Close Fit	
	Drill No.	Drill Dia.	Drill No.	Drill Dia.
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		

Installation Procedure

- Drill out corrosion or damage to existing hole to 1/64 oversize.
- Select proper type and length acres sleeve for existing fastener.
- Bond sleeve in structure hole with MIL-S-8802 class A 1/2 sealant.

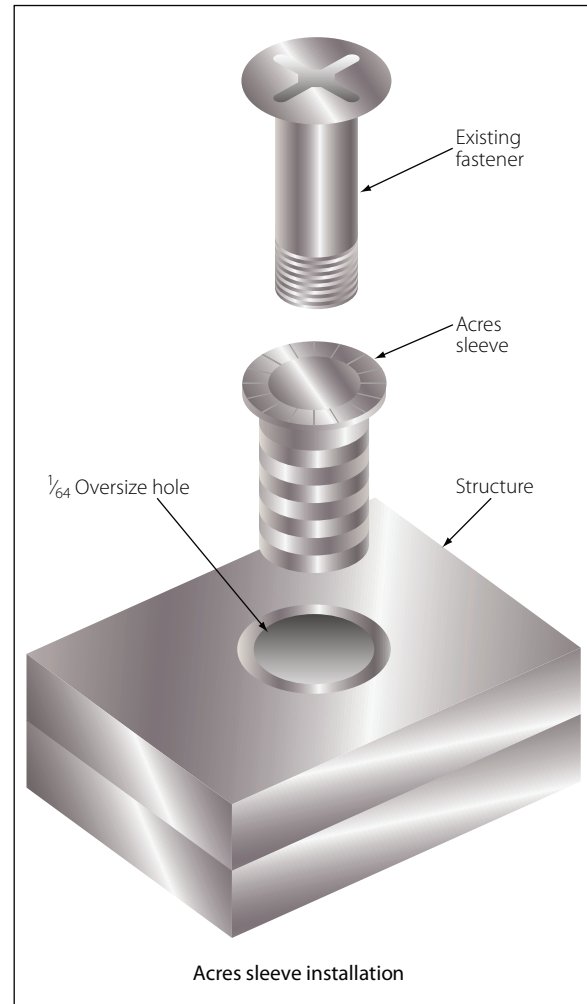


Figure 5-66B. Acres sleeve identification, installation, and breakoff procedure.

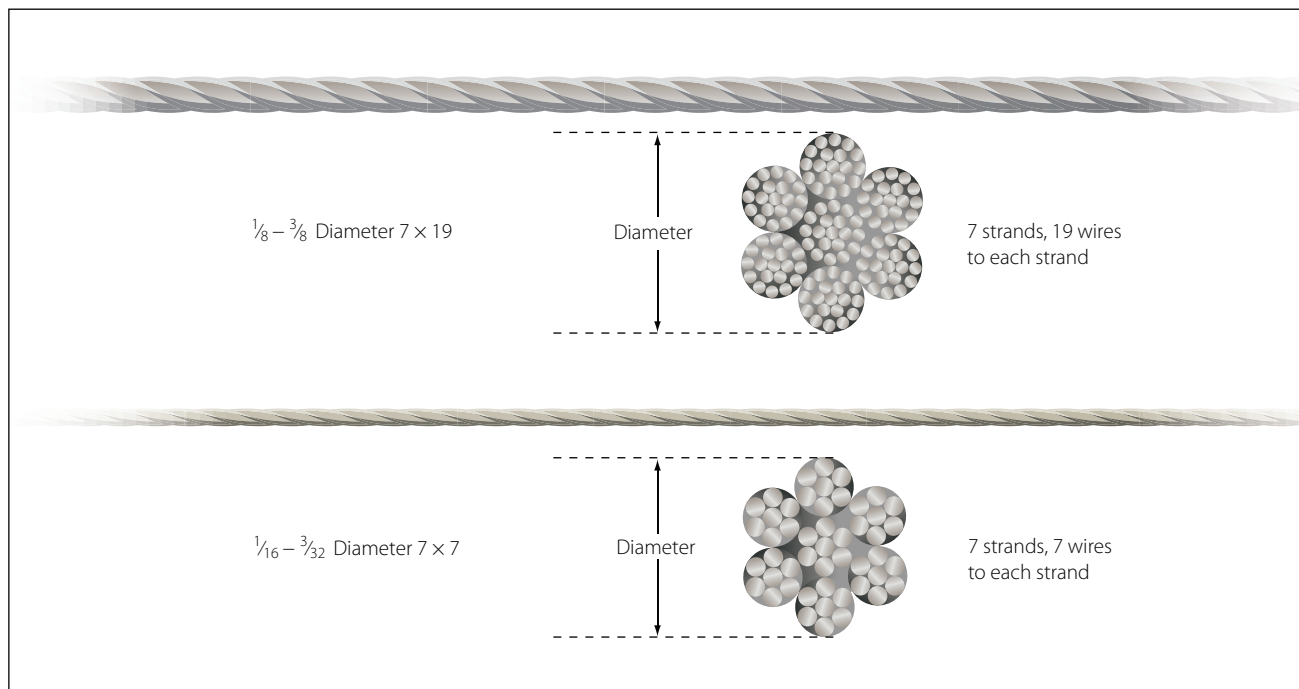


Figura 5-67.

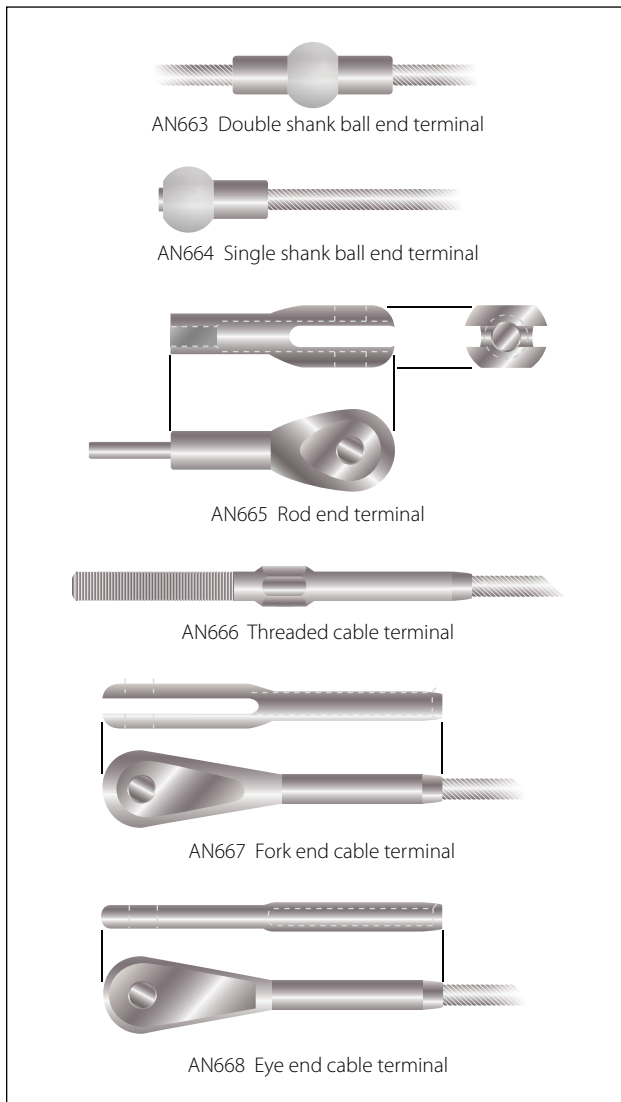


Figura 5-68.

de pernas e no número de arames em cada perna. Os cabos mais comuns de aeronaves são 7 x 7 e 7 x 19. O cabo 7 x 7 consiste de sete pernas com sete arames cada. Seis destas pernas estão enroladas ao redor de uma perna central. [Figura 5-67]. Este é um cabo de flexibilidade média e é usado para comando de compensadores, controle dos motores e comandos dos sistemas de indicação.

O cabo 7 x 19 é feito de sete pernas com 19 arames cada. Seis destas pernas estão enroladas ao redor de uma perna central. [Figura 5-67] Este cabo é muito flexível e usado em sistemas de controles primários e em outros lugares onde operações com polias são frequentes.

Cabos de controle de aeronaves variam em diâmetro, variando de 1/16 até 3/8 de polegada. O diâmetro é medido conforme mostrado na Figura 5-67.

Terminais de cabos

Os cabos podem ser equipados com diversos tipos diferentes de terminações, tais como TERMINAL, THIMBLES, BUSHINGS e SHACKELS.

As terminações são normalmente no tipo estampado. Elas estão disponíveis no tipo rosqueado, garfo, olhal, esfera e esfera dupla. O tipos rosqueado, garfo e olhal são usados para conectar o cabo com um esticador, uma articulação ou outra ligação do sistema. O tipo esfera é usado para ligar cabos a quadrantes e conexões especiais onde o espaço é limitado. A Figura 5-68 ilustra os vários tipos de terminais.

Os terminais THIMBLE, BUSHING e SHACKLE podem ser usados no lugar de alguns tipos de terminais quando as condições de suprimento forem limitadas e a substituição precisar ser feita imediatamente.

Esticadores

Um conjunto esticador é um mecanismo de fixação mecânica que consiste de dois terminais rosqueados e uma peça intermediária. [Figura 5-69]

Os esticadores são encaixados na montagem do cabo com o propósito de se fazer pequenos ajustes no comprimento do cabo para ajustar a tensão do mesmo. Um dos terminais tem rosca-direita e o outro tem rosca-esquerda. A peça intermediária, central, tem rosca in-

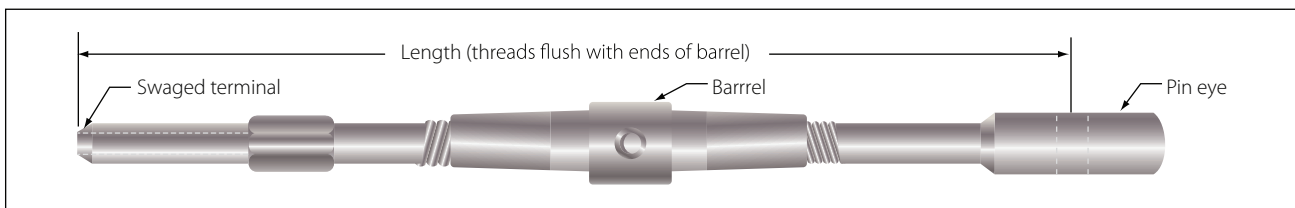


Figura 5-69.

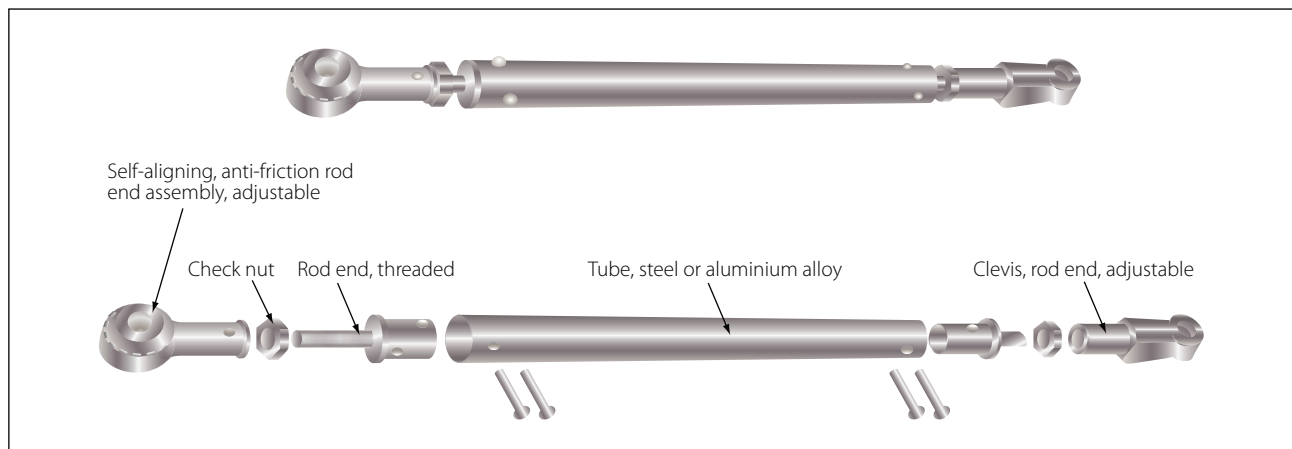


Figura 5-70.

terna direita e esquerda. A ponta da peça central com a rosca-esquerda pode normalmente ser identificada por uma ranhura ou saliência ao redor da ponta da peça.

Quando um esticador for instalado em um sistema de controle é necessário fixar ambos terminais com um número igual de voltas na peça central. Também é essencial que todos os terminais sejam fixados na peça central até que não mais que três roscas fiquem expostas de cada lado da peça central.

Após o esticador estar ajustado de forma adequada ele deve ser frenado. Os métodos de frenagem para esticadores são discutidos mais tarde, neste capítulo.

Conexões Rígidas de Controle

Conexões rígidas são usadas para ligar vários tipos de sistemas operados mecanicamente. Este tipo de ligação elimina o problema de variação de tensão e permite a transferência tanto da compressão como de tração por um simples tubo.

Um conjunto de conexão rígida consiste de um tubo oco de liga de alumínio ou aço com uma terminação ajustável e uma contraporca em cada lado. [Figura 5-70]. As contraporcas fixam os terminais depois que o comprimento dos conjuntos tiver sido ajustado. Conexões rígidas são feitas, geralmente, feitas em seções curtas para evitar vibração e curvaturas sob cargas de compressão.

Métodos de Segurança

Para garantir que os prendedores não se separem de suas porcas ou terminais vários métodos são usados em aeronaves, das aeronaves pesadas até as recreativas. A frenagem é um processo de fixação, em todas as aeronaves, de parafusos, porcas, pinos e outros prende-

dores para que ele não se soltem devido a vibração. A familiaridade com os vários métodos de meios de equipamento de frenagem é necessário para a realização da manutenção e inspeção.

Existem várias formas de se frenar as peças da aeronave. Os métodos mais amplamente utilizados são: arame de freio, contrapinos, arruelas, anéis de freio, e porcas especiais como as auto-freio, PAL NUTS e JAMNUTS. Algumas destas porcas e arruelas já foram descritas neste capítulo.

Pinos

Os três tipos principais de pinos utilizados na estrutura de aeronaves são: pino cônico, pino de cabeça chata e contrapino. Os pinos são utilizados em aplicações cisalháveis e de segurança. Os ROLL PINS estão sendo mais utilizados na construção de aeronaves.

Pinos Cônicos

Os pinos cônicos lisos ou com rosca (AN385 e AN386) são usados em juntas que sofrem cargas de cisalhamento e quando a ausência de folga é essencial. O pino cônico liso é furado e normalmente frenado com arame. O com rosca é usado com arruela (AN975) e porca (frenada com um contra pino ou um clip de segurança) ou uma porca auto-freio.

Pino de Cabeça Chata

O pino de cabeça chata, comumente chamado de pino Clevis, (MS20392) são utilizados com tirantes de terminais e em controles secundários que não estão sujeitos a operação contínua. O pino é normalmente instalado com a cabeça para cima para, caso o contra pino falhe ou se perca, o pino de cabeça chata permaneça no lugar.

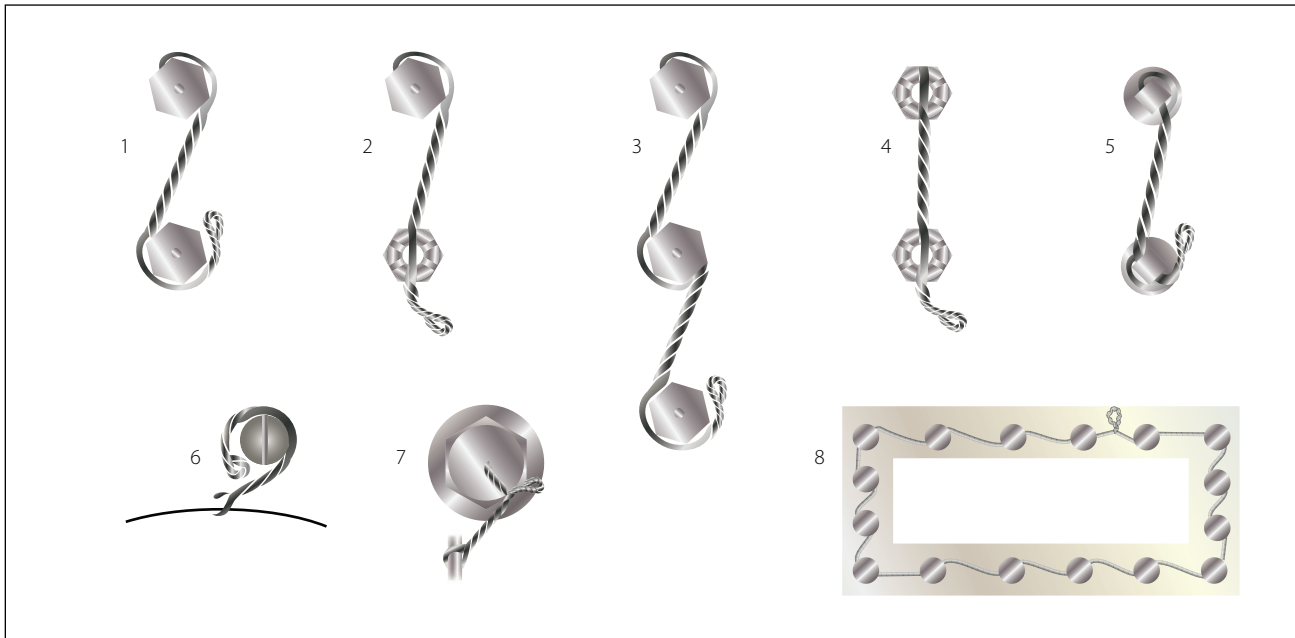


Figura 5-71.

Contra Pino

O contra pino :AN380 de aço de baixo carbono e revestido de cádmio é usado na frenagem de parafusos, porcas e outros pinos, assim como em várias aplicações onde a frenagem seja necessária. O contra pino de aço resistente a corrosão AN381 é usado em locais onde se necessita de material não magnético, ou onde se deseja resistência à corrosão.

Roll Pins

O roll pin é um pino colocado sob pressão com as pontas chanfradas. Ele tem formato tubular e uma fenda em todo o seu comprimento. O pino é inserido com ferramentas manuais e comprimido quando posicionado. A pressão exercida pelo roll pin contra as paredes do furo o mantém em seu lugar, até que seja deliberadamente removido com um punção de montagem ou toca pino.

Frenagem com Arame

A frenagem com arame é um método positivo e satisfatório de frenar CAPSCREWS, prisoneiros, porcas, cabeças de parafuso e esticadores que não podem ser frenados por outro processo mais prático. É um método de prender duas unidades com arame de tal forma que qualquer tendência que uma tenha de se soltar seja combatida pelo aperto do arame.

Porcas e Parafusos

Porcas e parafusos são frenados por um único arame de segurança ou um duplo torcido. O método duplo

torcido é o mais comum para frenagem com arame. O método de arame simples pode ser usado com parafusos pequenos em espaços reduzidos, próximos, e geometricamente colocados, em partes de sistemas elétricos, e em lugares de difícil acesso. A frenagem com arame sempre deve ser feita pelos métodos convencionais ou da forma especificada pelo fabricante, especialmente para Aeronaves Esportivas Leves (LSA). A Figura 5-71 é uma ilustração dos diversos métodos normalmente utilizados para frenar com arame porcas e parafusos. Um estudo cuidadoso da Figura 5-71 mostra que:

- Os exemplos 1, 2 e 5 ilustram o método adequado de frenar com arame parafusos, plugues com a cabeça quadrada e partes semelhantes em pares.
- O exemplo 3 ilustra diversos componentes frenar com arame em série.
- O exemplo 4 ilustra o método adequado de frenar porcas casteladas e prisoneiros. (Repare que o arame não circunda a porca.)
- Os exemplos 6 e 7 ilustram um componente rosqueado frenado a um HOUSING ou ressalto.
- O exemplo 8 ilustra diversos componentes em um espaço pequeno e padrão geométrico, usando o método de arame simples.

Quando parafusos de cabeças furadas ou outras partes estão agrupados, eles são mais convenientemente frenados uns com os outros, em série, do que individu-

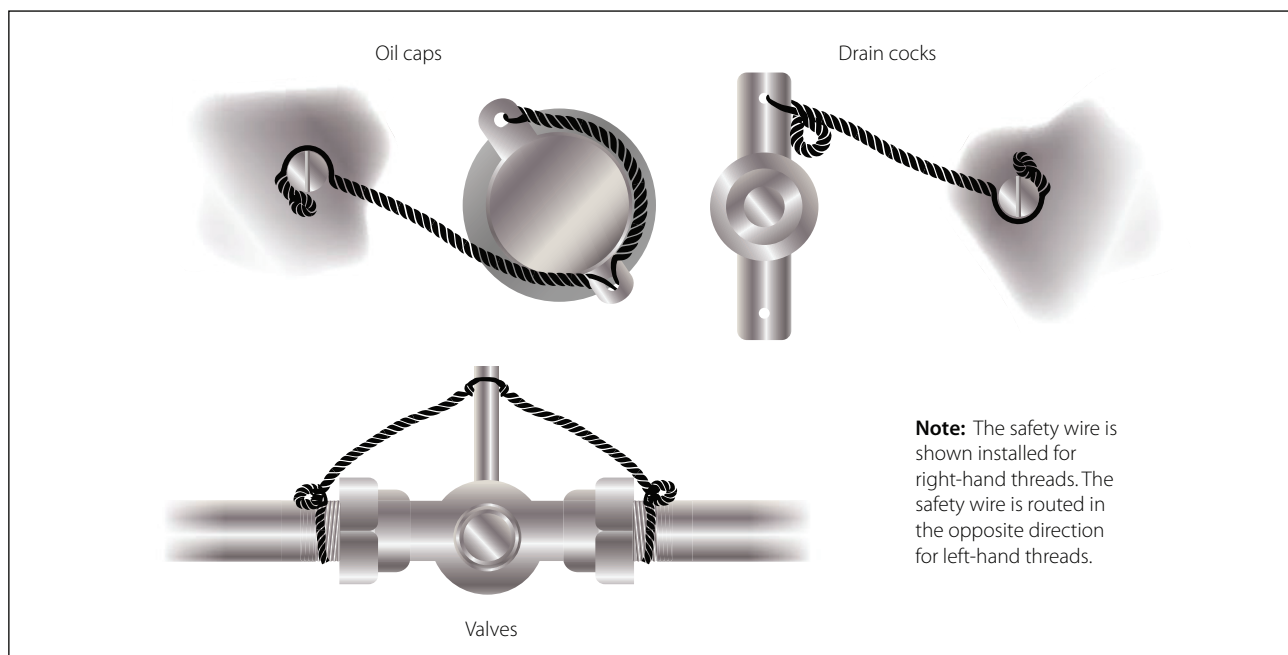


Figura 5-72.

almente. O número de porcas e parafusos que podem ser frenados juntos depende da aplicação. Por exemplo, quando se está frenando parafusos muito espaçados pelo método duplo torcido, a série não deve ter mais de três itens.

Quando a frenagem for de parafusos bastante próximos o número de elementos da série para um arame de 24 polegadas de comprimento pode ser o máximo possível. O arame é colocado de uma forma que se um parafuso começar a se soltar a força aplicada no

arame estará na posição de aperto.

Parte que são frenadas com arame devem receber torque nos valores recomendados e os furos alinhados antes de se tentar a operação de frenagem. Nunca aperte além do torque previsto ou afrouxe uma porca já torquçada para alinhar os furos de frenagem com arame.

Bujões de Óleo, Torneiras de Dreno e Válvulas

Estas unidades são frenadas com arame conforme mostrado na Figura 5-72. No caso dos bujões de óleo

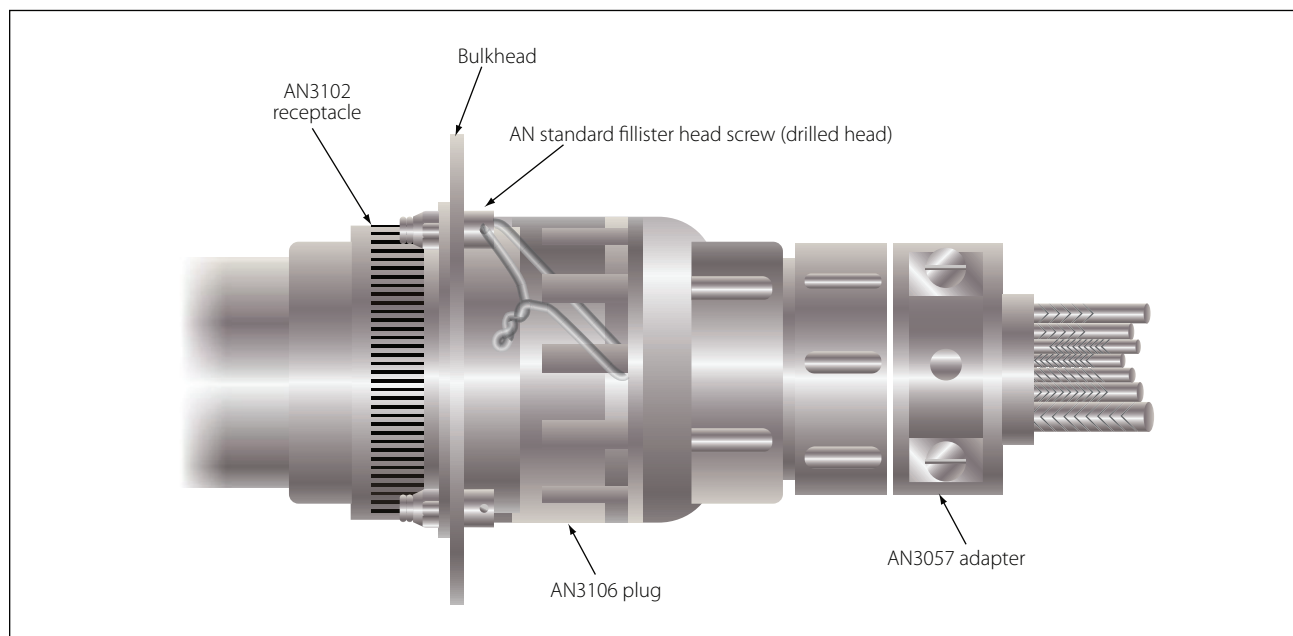


Figura 5-73.

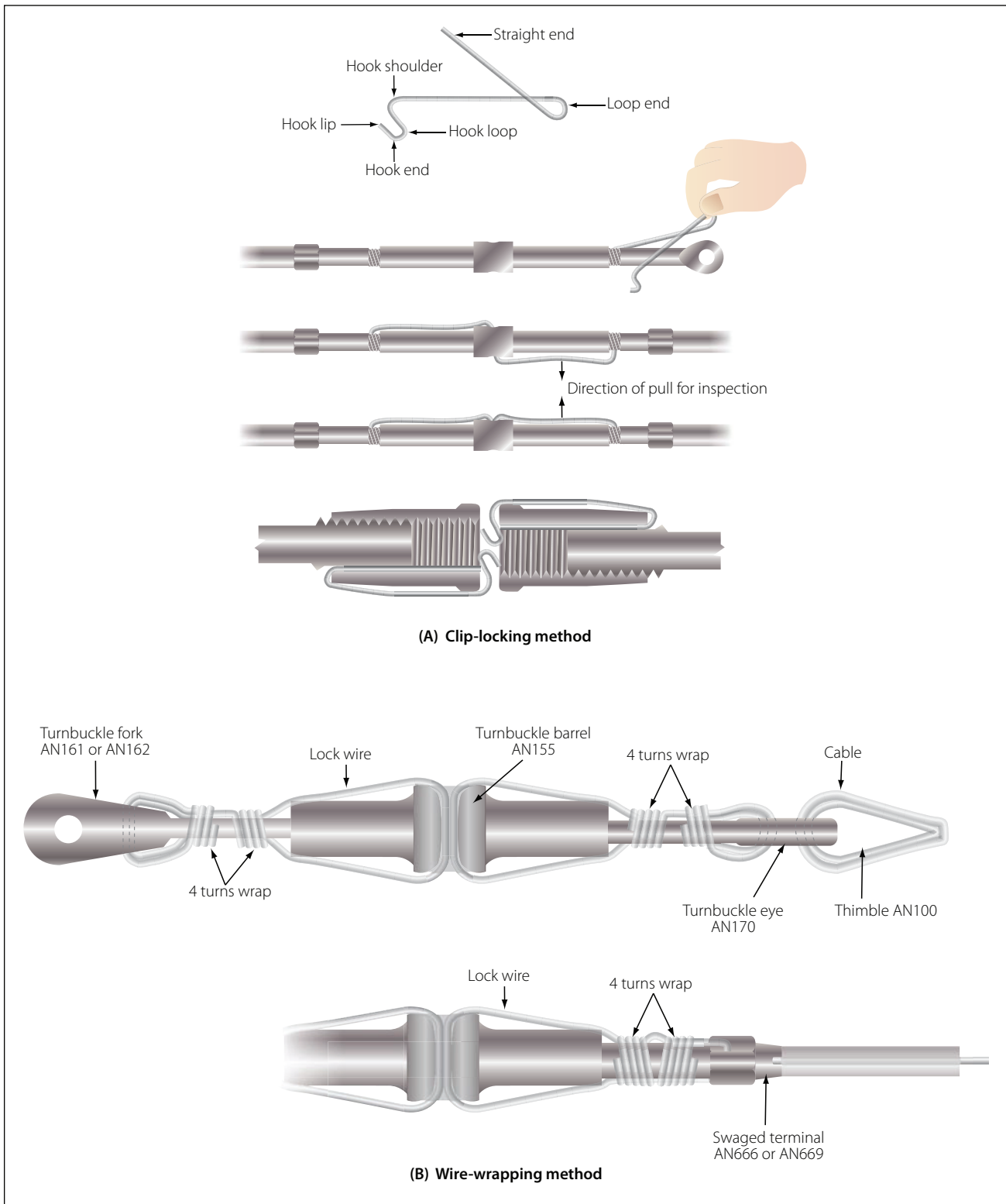


Figura 5-74.

o arame é preso a uma cabeça de parafuso próximo. Este sistema se aplica a qualquer outra unidade que deva ser frenada com arame de forma individual. Normalmente os pontos de frenagem são localizados de forma conveniente, próximos a estas partes individuais. Quando isso não acontecer a frenagem deve ser feita em alguma parte adjacente do conjunto.

Conectores Elétricos

Sob condições de vibração intensa a porca de um conector pode vibrar se estiver solta, e com muita vibração o conector poderá se soltar. Quando isto ocorrer o circuito alimentado pelos fios será interrompido. A medida de proteção correta para evitar que isso ocorra é através da frenagem por arame e é mostrada na

Cable size (in)	Type of Wrap	Diameter of Safety Wire (in)	Material (Annealed Condition)
1/16	Single	.020	Stainless steel
3/32	Single	.040	Copper, brass ¹
1/8	Single	.040	Stainless steel
1/8	Double	.040	Copper, brass ¹
1/8	Single	.057 min	Copper, brass ¹
5/32 and greater	Single	.057	Stainless steel

¹ Galvanized or tinned steel, or soft iron wires are also acceptable.

Figura 5-75.

Figura 5-73. O arame de segurança deve ser o mais curto possível e deve ser instalado de tal forma que a tensão do arame atue na direção que aperte a porca no conector.

Esticadores

pós um esticador ser ajustado ele deve ser frenado. Existem diversos métodos para se frenar esticadores, contudo apenas dois métodos serão discutidos nesta seção. Estes métodos estão ilustrados na Figura 5-74(A) e Figura 5-74(B). O método de clip de travamento é usado apenas nas aeronaves mais modernas. As aeronaves mais antigas ainda usam um tipo de esticador que requer o método de frenagem por arame.

Método do Enrolamento Duplo de Arame

Dos métodos utilizados para se frenar com arame os esticadores, o método do enrolamento duplo é o favorito, embora o método do enrolamento simples seja satisfatório. O método de frenagem por enrolamento duplo de arame é mostrado na Figura 5-74(B). Use dois comprimentos separados do arame apropriado, conforme mostrado na Figura 5-75.

Passa uma ponta do arame pelo orifício central do esticador e dobre as pontas do arame em direção oposta as extremidades do esticador. Então passe o segundo comprimento de arame no orifício central do esticador e curve as pontas ao longo da peça central, primeiro do lado oposto. Então passe os arames na extremidade do esticador na direção oposta pelos orifícios do olhal do esticador ou entre os dentes do garfo. Dobre os fios colocados antes de cortar o excedente. Enrole o comprimento excedente do arame por pelo menos quatro voltas ao redor do corpo e então corte. Repita o procedimento do outro lado do esticador.

Quando um terminal do tipo rosqueado estiver sendo frenado passe as pontas de ambos os arames, se possível, através do furo do terminal e enrole ambos os lados ao redor do corpo conforme descrito anteriormente.

Se o orifício não for largo o suficiente para permitir a passagem de ambos os arames, passe o arame pelo orifício e enrole sobre a extremidade livre do outro arame, e então enrole ambos os arames ao redor do corpo conforme descrito.

Método de Enrolamento Simples

O método de enrolamento simples para frenagem descrito nos próximos parágrafos são aceitáveis, mas não é igual ao método de enrolamento duplo.

Passa um único arame através do cabo do olhal ou garfo, ou através do orifício de um terminal rosqueado em cada lado de um conjunto de esticadores. Espirale cada ponta do arame na direção oposta ao redor da primeira metade da peça central do esticador, de modo que os arames se cruzem duas vezes. Passe ambos os arames pelo orifício central fazendo o terceiro cruzamento. 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, garfo ou orifício do terminal rosqueado, conforme descrito anteriormente. Enrole cada ponta no terminal por quatro voltas e corte o excesso.

Uma alternativa ao método acima é passa um comprimento de arame através do orifício central do esticador e dobrar as extremidades do arame na direção oposta a extremidade do esticador. Após a frenagem apenas três fios de rosca do esticador devem ficar expostos.

Regras Gerais Para Frenagem Com Arame

Quando se usar o método de frenagem com arame as seguintes regras gerais devem ser seguidas:

- Uma ponta de arame torcido de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ polegada (de três a seis voltas) deve ser feita no final. Esta ponta torcida deve ser curvada para trás ou para baixo para não atrapalhar.
- Em cada frenagem deve ser usado um arame novo.
- Quando porcas casteladas forem frenadas com arame aperte a porca alinhando-a com o furo.
- Todos os arames de frenagem deve estar apertados aos a instalação, mas não tão apertados que possam quebrar com o manuseio normal ou vibração.
- O arame deve estar colocado de tal forma que a pressão exercida sobre ele aperte a porca.
- As torções devem ser firmes e regulares, e o arame entre as porcas o mais esticado possível, mas sem estar torcido demais.
- O arame de frenagem sempre deve ser instalado e torcido de forma que a curva em torno da cabeça fique para baixo e não suba sobre a cabeça do parafuso, causando uma folga prejudicial.

Frenagem Com Contrapino

A instalação do contrapino é mostrada na Figura 5-76. Porcas casteladas são utilizadas com parafusos que foram furados para contrapinos. O contrapino deve se encaixar perfeitamente no furo, com muito pouca folga lateral. As regras gerais a seguir aplicam-se a frenagem com contrapino:

1. A ponta que circunda a parte final do parafuso não deve passar do diâmetro do parafuso. (Corte se necessário.)
2. A ponta dobrada para baixo não deve ficar apoiada na superfície da arruela. (Mais uma vez, corte se necessário.)
3. Se um método opcional de enrolamento for utilizado as pontas não devem ultrapassar a parte lateral da porca.
4. Todas pontas devem estar dobradas em ângulos razoáveis. Ângulos muito acentuados provocam quebras. Leves marteladas são o melhor método para dobrar as pontas.

Anéis de Pressão

Um anel de pressão é um anel de metal, de seção circular ou chata, que é temperado para ter ação de mola. Esta ação de mola manterá o anel de pressão posicionado de forma firme em uma ranhura. Os tipos externos são projetados para se encaixar em uma ranhura na parte de fora de um eixo ou cilindro, e deve ser frenado com arame. A forma de se frenar com arame um anel de pressão é mostrada na Figura 5-77. Os tipos internos se encaixam em ranhuras dentro do cilindro, e nunca são frenados. Um tipo especial de alicate é utilizado para instalar cada tipo de anel de pressão. Os anéis de pressão podem ser reutilizados, desde que mantenham seu formato e a ação de mola.

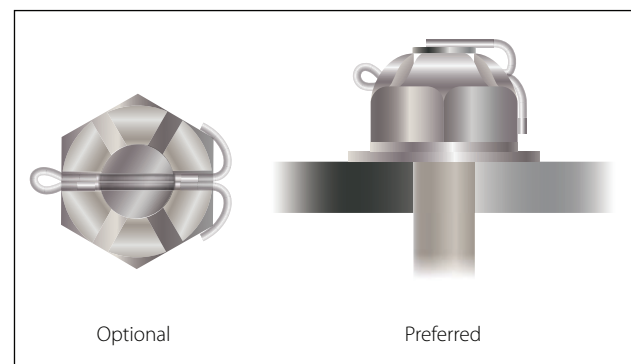


Figura 5-76.

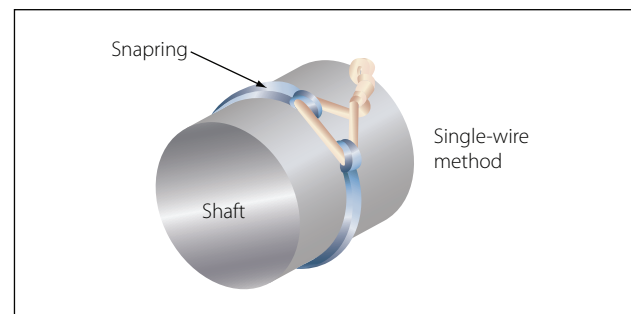


Figura 5-77.