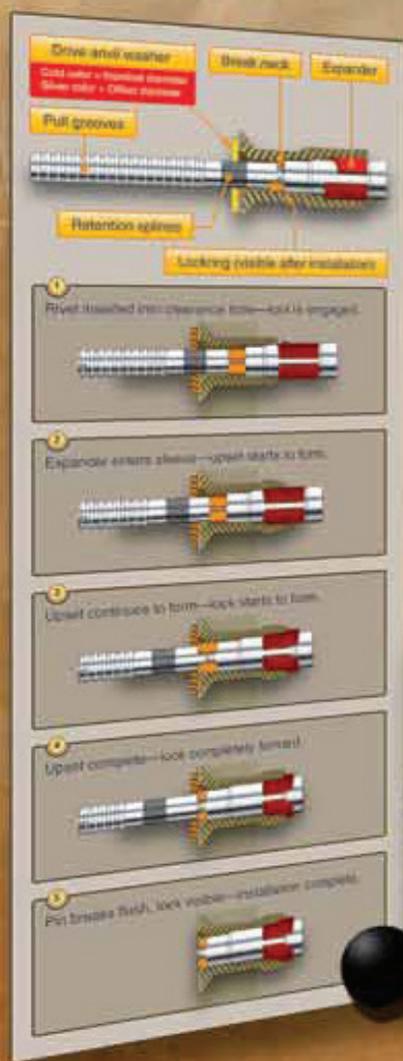


Reparos na estrutura Metálica das Aeronaves

Reparos na estrutura metálica das aeronaves

O desempenho satisfatório de uma aeronave depende da manutenção contínua da integridade estrutural da aeronave. É importante que os reparos na estrutura metálica sejam realizados de acordo com as melhores técnicas disponíveis, porque reparos realizados com técnicas inadequadas podem representar um perigo potencial ou imediato. A confiabilidade de uma aeronave depende da qualidade do seu projeto, assim como da mão de obra utilizada durante os reparos. O planejamento do reparo da estrutura metálica de uma aeronave é complicado pela necessidade de que uma aeronave seja o mais leve possível. Se o peso não fosse um fator crítico os reparos poderiam ser fortes com uma grande margem de segurança. Na prática os reparos devem ser fortes o suficiente para suportar todas as cargas com o fator de segurança necessário, mas sem adicionar muito peso extra. Por exemplo, uma junção (JOINT) fraca demais não pode ser aceita, mas uma que seja forte demais pode elevar a estresse podendo provocar rachaduras em outros locais.

Conforme discutido no Capítulo 3, Aircraft Fabric Covering (Entelagem da Aeronave), a construção de aeronaves com chapas de metal domina a aviação moderna. As chapas de metal, geralmente feitas de ligas de alumínio, são usadas em seções da célula que servem tanto como estrutura como revestimento externo da aeronave, com as partes de metal sendo unidas por rebites ou outros tipos de prendedores. As chapas de metal são extensivamente utilizadas em diversos tipos de aeronaves, de aviões de carreira até monomotores, mas também aparecem com parte de um avião composto (COMPOSITE AIRPLANE), como em um painel de instrumentos. As chapas de metal são obtidas pela laminação do metal em chapas planas, de diversas espessuras, que variam de finas (folha) até uma placa (pedaços mais espessos que 6mm ou 0,25 polegadas). A espessura da lâmina de metal, chamada de bitola, varia de 8 a 30, sendo que a bitola maior denota o metal mais fino. A chapa de metal pode ser cortada e dobrada em diversas formas.



Os danos nas estruturas metálicas da aeronave são frequentemente causados por corrosão, erosão, estresse normal, assim como acidentes e percalços. Algumas vezes modificações estruturais da aeronave exigem extenso trabalho estrutural. Por exemplo, a instalação de WINGLETS nas aeronaves não apenas substitui a ponta da asa com um WINGLET, mas também demanda um grande reforço na estrutura da asa para suportar a estresse adicional.

Existem diversos e variados métodos para a realização de reparos na estrutura metálica das aeronaves, mas não há um conjunto específico de reparos a ser aplicado em todos os casos. O problema de se reparar uma seção danificada é normalmente resolvido pela duplicação da parte original com o mesmo tipo de resistência, material e dimensões. Para se fazer um reparo estrutural o técnico de aeronaves precisa de bons conhecimentos dos métodos e técnicas de conformação das chapas de metal. Conformação geralmente quer dizer mudar o formato por dobra e modelagem do metal sólido. No caso do alumínio isto normalmente é feito em temperatura ambiente. Todas as partes de reparos são modeladas para encaixar no local adequado antes de serem fixadas na aeronave ou componente.

A conformação pode ser uma operação bastante simples, tal como se fazer uma única dobra ou curva, ou pode ser complexa, que exija uma curvatura composta. Antes de se conformar uma parte, o técnico de aeronaves deve pensar um pouco sobre a complexidade das dobras, o tipo de material, a espessura do mesmo, a têmpera e o tamanho da parte que será fabricada. Na maioria dos casos estes fatores determinam quais métodos de conformação serão utilizados. Os tipos de conformação discutidos neste capítulo incluem dobra, BRAKE FORMING, STRETCH FORMING, ROLL FORMING e SPINNING. O técnico em aeronaves também precisa de bons conhecimentos no uso adequado das ferramentas e equipamentos utilizados na conformação do metal.

Além das técnicas de conformação, este capítulo apresenta o técnico de aeronaves as ferramentas utilizadas na construção e reparo com chapas de metais, prendedores estruturais e sua instalação, como inspecionar, classificar e avaliar danos na estrutura metálica, práticas comuns em reparos e tipos de reparos.

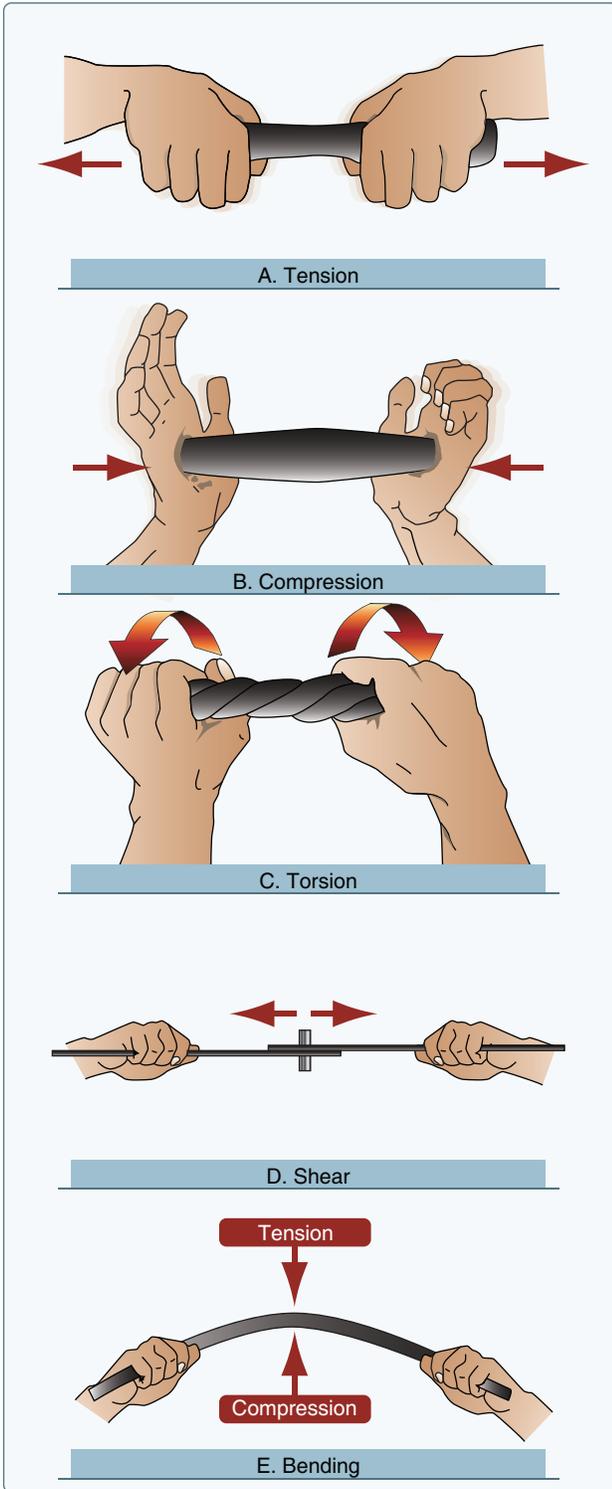
Os reparos discutidos neste capítulo são aqueles típicos para uso na manutenção de aeronaves e estão

inclusos para demonstrar algumas das operações envolvidas. Para informações exatas sobre reparos específicos consulte o manual de manutenção do fabricante ou os manuais de reparos estruturais (SRM). Instruções gerais sobre reparos também são discutidas na Circular Consultiva (AC) 43.13.1, Métodos Aceitáveis, Técnicas e Práticas – Inspeção e Reparo de Aeronaves.

Estresse em Membros Estruturais

A estrutura de uma aeronave deve ser projetada de forma que possa suportar todas os estresses impostos sobre ela durante o voo e operações de terra sem qualquer deformação permanente. Qualquer reparo feito deve aceitar os estresses, levá-los durante o reparo e então transferi-los novamente para a estrutura original. Considera-se que estes estresses fluam através da estrutura, de forma que deva existir um curso contínuo para elas, sem mudanças abruptas em áreas transversais. Mudanças abruptas nas áreas transversais da estrutura da aeronave que estão sujeitas a um ciclo de cargas e tensões resultam em uma concentração de estresse que pode induzir a rachaduras por fadiga e falha eventual. Um aranhão ou uma ranhura na superfície de uma parte altamente tensionada do metal causam uma concentração de estresse no ponto do dano que pode levar a uma falha desta parte. As forças que atuam em uma aeronave, sejam no solo ou em voo, inserem forças de tração, impulso ou torção nos vários membros da estrutura da aeronave. Enquanto a aeronave está no solo o peso das asas, fuselagem, motores e empenagem provocam forças descendentes nas asas e pontas do estabilizador, ao longo das longarinas e vigas de reforço, sobre as paredes e falsas nervuras. Estas forças são transmitidas de um membro ao outro, causando forças de flexão, torção, tração, compressão e cisalhamento.

Quando a aeronave decola a maioria das forças na fuselagem continuam a atuar na mesma direção e por causa do movimento da aeronave elas aumentam em intensidade. Porém as forças na ponta e na superfície das asas invertem o seu sentido, ao invés de serem forças descendentes de peso tornam-se forças ascendentes de sustentação. As forças de sustentação são exercidas, primeiro, contra o revestimento e as vigas de reforço, e então são transmitidas para as nervuras, e então finalmente transmitidas através das longarinas e distribuídas pela fuselagem. As extremidades das asas se curvam para cima e até podem oscilar ligei-



ramente durante o voo. Esta flexão da asa não pode ser ignorada pelo fabricante no seu projeto original e construção, assim como não pode ser ignorada durante a manutenção. É surpreendente como a estrutura de uma aeronave composta de membros estruturais e revestimentos rigidamente rebitados ou parafusados juntos, tais como uma asa, possam flexionar ou agir

de forma tão semelhante a um feixe de mola. Os seis tipos de estresse em uma aeronave são descritos como: tensão, compressão, cisalhamento, tensão, flexão e torção. Os quatro primeiros são normalmente chamados de estresses básicos e os dois últimos de estresse de combinação. Os estresses normalmente agem de forma combinada, e não isolada. [Figura 4-1]

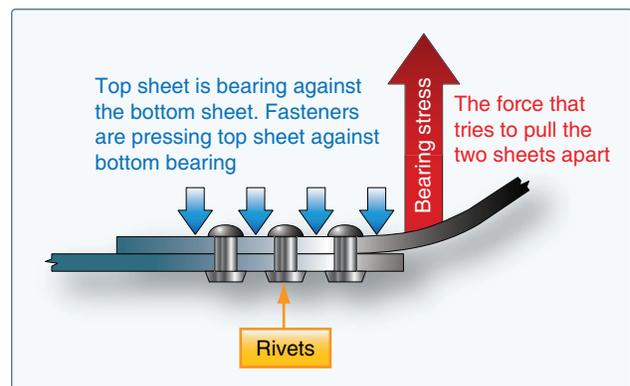
Tensão

A tensão é o estresse que resiste a força que tenta parti-lo em dois. O motor puxa a aeronave para a frente, mas a resistência do ar tenta segurá-lo. O resultado é a tensão, que tende a esticar a aeronave. A resistência a tração de um material é medida em libras por polegada quadrada (psi) e é calculada dividindo-se a carga (em libras) necessária para rasgar/partir o material por sua área transversal (em polegadas quadradas).

A resistência de um membro em tensão é determinada sobre a base da sua área bruta (total), mas os cálculos envolvendo a tensão devem levar em consideração a área líquida do membro. A área líquida é definida como a área bruta menos o que foi removido por furações ou outras mudanças na seção. A colocação de rebites ou parafusos nos pulsos não faz diferença considerável na resistência adicionada, porque os rebites e parafusos não transferem cargas tensionais pelos furos em que estão inseridos.

Compressão

Compressão, sendo o estresse que resiste a força de esmagamento, tende a encurtar ou apertar as partes da aeronave. A resistência de compressão de um material também é medida em psi. Sob uma carga de compressão um membro não furado é mais forte do que um membro idêntico que tenha sido perfurado. Contudo, se um plug de material equivalente ou mais forte for



firmemente encaixado em um membro perfurado ele transmite cargas compressivas pelo furo e o membro suportará uma carga quase tão grande como se não fosse furado. Assim, para carga compressivas, a área bruta ou total pode ser usada para determinar o estresse de um membro se todos os furos estiverem firmemente plugados com material equivalente ou mais forte.

Cisalhamento

Cisalhamento é o estresse que resiste a força que tende a fazer com que uma camada de material deslize sobre outra camada adjacente. Duas placas adjacentes, em tensão, sujeitam os rebites a força de cisalhamento. Normalmente a força de cisalhamento de um material é igual ou menor do que sua resistência a tração ou compressão. O estresse de cisalhamento preocupa os técnicos em aviação principalmente pelo ponto de vista da aplicação de rebites e parafusos, particularmente quando prendendo chapas de metal, porque se um rebite utilizado em uma aplicação de cisalhamento falhar, as partes serão afastadas.

Tensão

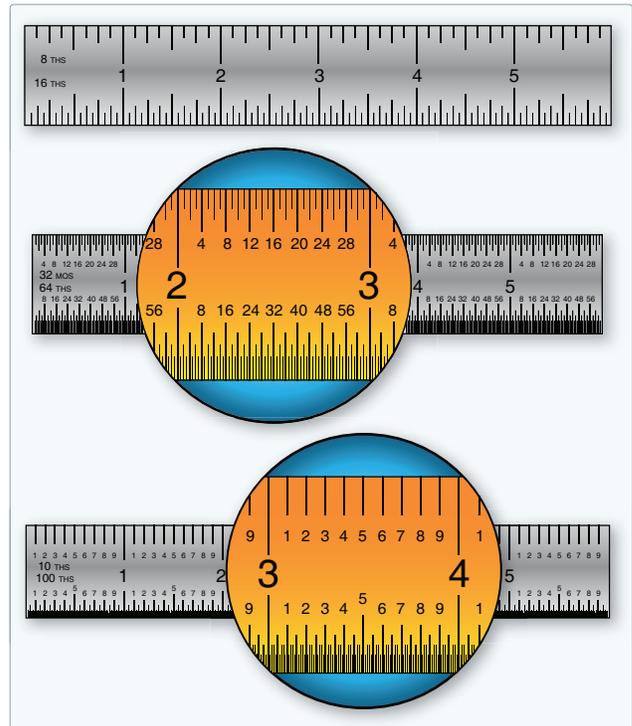
O estresse de tensão resiste a força que o rebite ou parafuso aplicam no furo. Como regra, a resistência do prendedor deve ser tal que sua resistência total de cisalhamento seja aproximadamente igual a resistência de tensão total na chapa do material. [Figura 4-2]

Torção

Quando a aeronave está se movendo para a frente o motor tende a torcê-la para um lado, mas outros componentes da aeronave a mantém no curso. Assim é criada a torção. Os estresses que surgem desta ação são estresses de cisalhamento causados pelo rotação de planos adjacentes, uns sobre os outros, sobre um eixo comum de referência com ângulos retos a estes planos. Esta ação pode ser ilustrada por uma vareta fixada de forma sólida em uma extremidade e torcida por um peso colocado em um braço de alavanca na outra extremidade, produzindo o equivalente a duas forças iguais e opostas agindo na vareta a alguma distância uma da outra. A ação de cisalhamento é estabelecida ao longo da vareta, com a linha de centro da vareta representando o eixo neutro.

Flexão

Flexão é a combinação de compressão e tensão. A vareta na Figura 4-1E foi encolhida (comprimida) na parte interna da flexão e esticada na parte externa da flexão. Repare que o estresse de flexão faz com que o



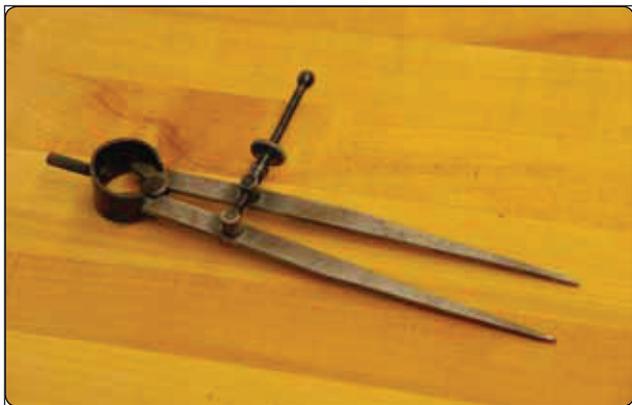
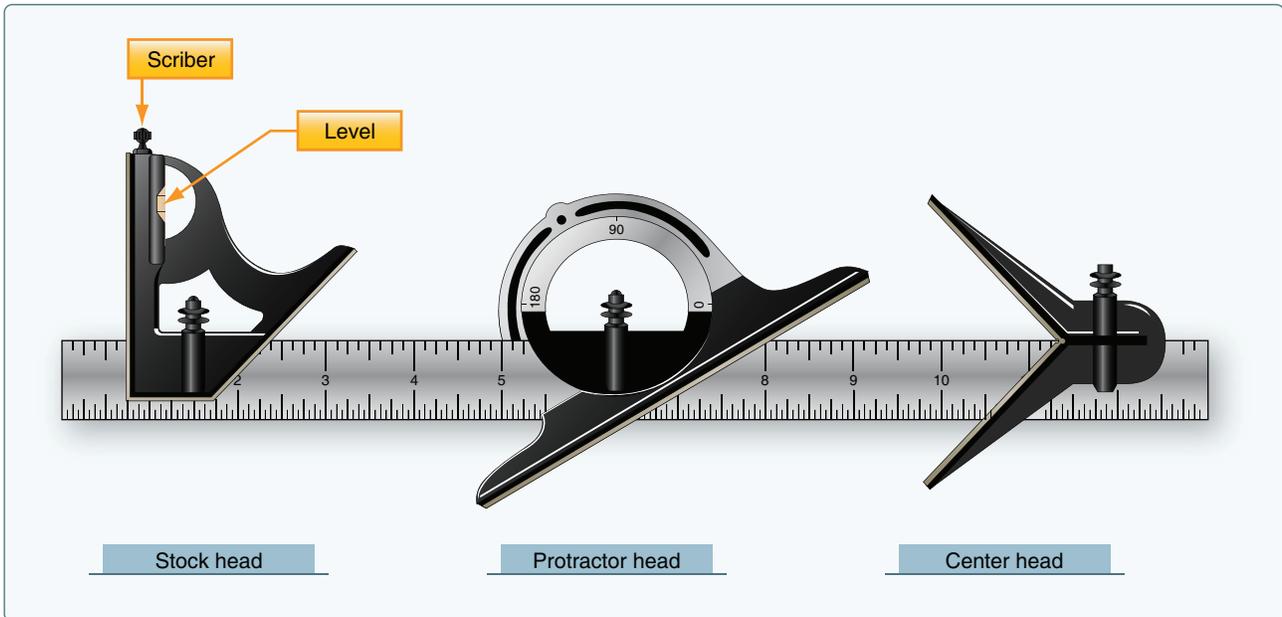
estresse de tração atue na metade superior da vareta e que o estresse de compressão na metade inferior. Estes dois estresses agem em oposição nos dois lados da linha de centro do membro, que é chamado de eixo neutro. Como estas forças agindo em direções opostas estão uma ao lado da outra no eixo neutro o maior estresse de cisalhamento ocorre ao longo desta linha, e não existe nenhuma nos extremos das superfícies superior e inferior da vareta.

Ferramentas para construção e reparos com chapas de metal

Sem as ferramentas e máquinas modernas para o trabalho em metal o trabalho de um técnico em célula seria mais difícil e cansativo, e o tempo necessário para a realização de uma tarefa seria muito maior. Estas máquinas e ferramentas especializadas auxiliam o técnico em célula a construir ou reparar chapas de metal de uma maneira mais rápida, simples e melhor do que no passado. Movimentadas por energia elétrica, ar comprimido, ou mesmo pela força do homem estas ferramentas são utilizadas para dispor, marcar, cortar, lixar ou furar placas de metal.

Ferramentas para planejamento

Antes de encaixar as partes de um reparo em uma estrutura de aeronave as novas seções devem ser medidas e marcadas, desenhadas nas dimensões neces-



sárias para fazer a parte do reparo. As ferramentas utilizadas neste processo são discutidas nesta seção.

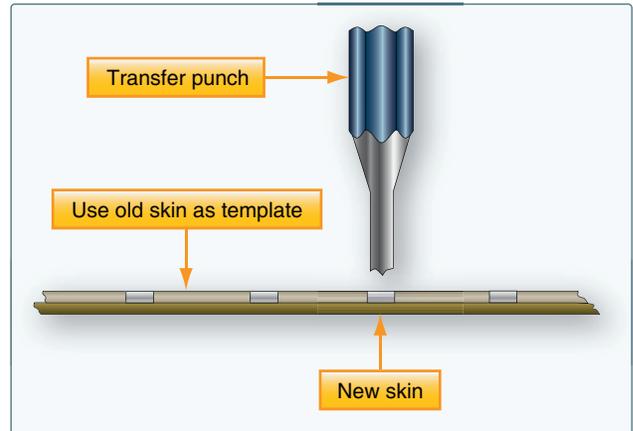
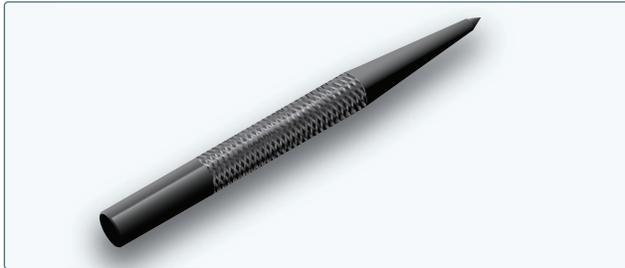
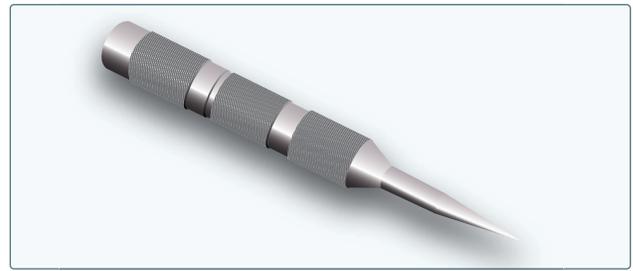
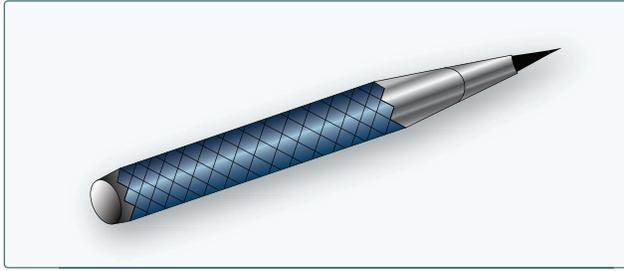
Réguas

As réguas estão disponíveis em diversos comprimentos, com as de 6 e 12 polegadas sendo as mais comuns

e acessíveis. Uma régua com frações de um lado e decimais do outro é muito útil. Para se obter uma medida precisa meça fixando a borda da régua contra o que será medido na marcação de 1 polegada, e não na extremidade da mesma. Use as marcações laterais para alinhar compassos ou transferidores. [Figura 4-3]

Esquadro Combinado

Um esquadro combinado consiste de uma régua de aço com três cabeças que podem ser movidas para qualquer posição na régua e fixas neste lugar. As três cabeças são: uma STOCK HEAD que mede ângulos de 90° e 45°; um PROTRACTOR HEAD, que pode medir qualquer ângulo entre a cabeça e a lâmina, e; uma CENTER HEAD que usa um lado da lâmina como o bissetor de um ângulo de 90°. O centro de um eixo pode ser encontrado usando-se a CENTER HEAD. Coloque o final do eixo no V da HEAD e risque uma linha ao longo da borda da régua. As duas



linha vão cruzar o centro do eixo. [Figura 4-4]

Compassos

Compassos são usados para transferir a medida de um equipamento para uma régua e determinar seu valor. Posicione a ponta afiada no local de onde será tirada a medida, e então coloque as pontas em um STEEL MACHINIST SCALE, mas coloque uma das pontas na medida de 1 polegada e meça a partir deste ponto. [Figura 4-5]

Rivet Spacers

Um RIVET SPACER é utilizado para se fazer um layout padrão de posicionamento de rebites rápido e correto em uma placa. No RIVET SPACER existem marcações de alinhamento de $\frac{1}{2}$ polegada, 1 polegada e 2 polegadas para o espaçamento dos rebites. [Figura 4-6]

Ferramentas de Marcação

Canetas

Canetas com ponta de fibra são o melhor método para marcar linhas ou localização de furos diretamente no alumínio, porque o grafite de um lápis n.2 pode causar corrosão quando utilizado no alumínio. Trace o desenho sobre a membrana de proteção se ela ainda estiver sobre o material, ou diretamente sobre o mesmo com uma caneta de ponta de fibra, como ponta fina Sharpie®, ou cubra o material com uma máscara e então faça a marcação.

Riscador

Um riscador é um instrumento pontudo utilizado para marcar ou traçar o metal para mostrar onde deve ser

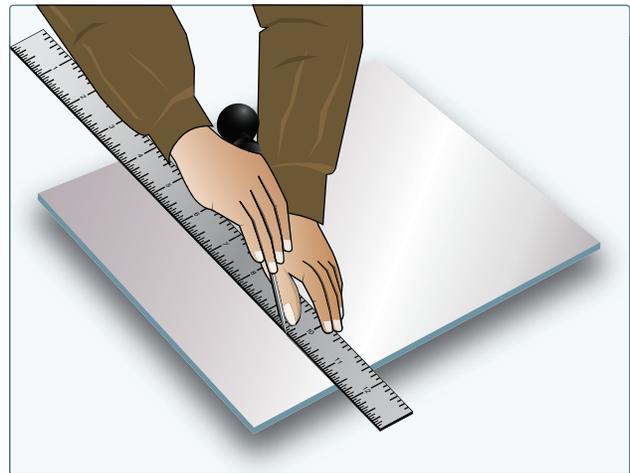
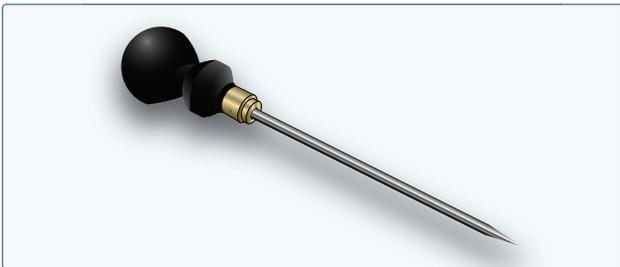
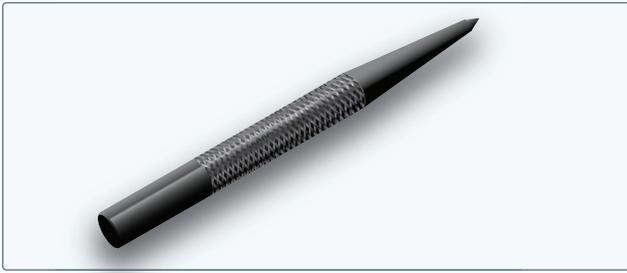
cortado. Um riscador deve apenas se utilizado quando as marcas serão removidas por furação ou corte, porque os aranhões enfraquecem o material e pode causar corrosão. [Figura 4-7]

Punções

Os punções são normalmente feitos de aço carbono que foi endurecido e temperado. Geralmente classificados como sólidos ou ocos, os punções são projetados de acordo com o uso que se pretende dar a eles. Um punção sólido é uma haste de aço com vários formatos de ponta para diferentes usos. Por exemplo, são utilizados para remover parafusos de furos, afrouxar pinos e KEYS apertados, KNOCK OUT rebites, fazer furos, etc. O punção oco tem ponta afiada e é mais frequentemente utilizado para demarcações. Punções sólidos variam em tamanho e formato da ponta, enquanto que os ocos variam em tamanho.

Punção de Ponta

O punção de ponta é usado para se colocar marcações de referência no metal, porque este punção produz pequenas indentações. [Figura 4-8] Depois que se termina de traçar a indentação é aumentada com um punção centro, a fim de se facilitar a furação. O punção de ponta também pode ser usado para transferir dimensões do modelo de papel diretamente para o metal. Tome as seguintes precauções quando utilizar um punção de ponta:



- Nunca golpee um punção de ponta com um martelo muito pesado para não entortar o punção ou danificar a peça na qual estamos trabalhando.
- Não use um punção de ponta para remover objetos de furos porque a ponta do punção pode fazer com que o objeto fique ainda mais preso no furo.

Punção Centro

O punção centro é utilizado para fazer indentações no metal com o objetivo de auxiliar na perfuração. [Figura 4-9]. Estas indentações auxiliam a furadeira, que tem a tendência a escorregar em superfícies planas, a ficar no lugar que precisa ser perfurado. O punção centro tradicional é usado com um martelo e tem o corpo mais pesado que o punção de ponta e tem a ponta em ângulo de aproximadamente 60°. Tome as seguintes precauções quando utilizar um punção de centro:

- Nunca golpee o punção centro com força o suficiente para provocar uma ondulação ao

redor da indentação ou fazer com que o metal projete-se para o outro lado da chapa.

- Não use um punção centro para remover objetos de furos porque a ponta do punção pode fazer com que o objeto fique ainda mais preso no furo.

Punção Centro Automático

O punção centro automático realiza as mesmas funções que um punção centro comum, mas usa um mecanismo de tensão de mola para criar uma força suficiente para criar a indentação sem o uso de martelo. O mecanismo automaticamente golpeia com a força necessária quando posicionado no lugar desejado e pressionado. Este punção tem uma parte ajustável no topo

para se regular a pressão e a ponta pode ser removida para regulagem ou afiação. Nunca golpeie um punção de centro automático com um martelo. [Figura 4-10]

Punção de Transferência

O punção de transferência usa um gabarito ou furos existentes na estrutura para marcar a localização de novos furos. O punção é centrado no furo antigo sobre a nova chapa e golpeado levemente com um martelo. O resultado deve ser uma marca que sirva para localizar o furo na nova chapa. [Figura 4-11]

Extrator

O extrator tem uma face plana ao invés de uma ponta e é utilizado para remover rebites, pinos e parafusos danificados que as vezes ficam presos nos orifícios. O tamanho do extrator é determinado pela largura da face, normalmente 1/8 polegada até 1/4 polegada. [Figura 4-12]

Tocapinos

O tocapinos tem uma haste reta caracterizada por um corpo hexagonal. As pontas dos tocapinos têm incrementos de 1/32 polegada no tamanho e variam de 1/16 polegada até 3/8 polegada de diâmetro. O método tradicional de se retirar um pino ou parafuso é começar a retirada com um extrator até que a haste do punção toque as laterais do furo. Então use um tocapinos para terminar de retirar o pino ou parafuso do furo. [Figura 4-13]

Chassis Punch

Um punção CHASSIS é utilizado para fazer furos em partes de chapas de metal para a instalação de instrumentos ou outros equipamentos de avião, assim como para LIGHTENING HOLES IN RIBS AND SPARS. Medidos em 1/16 de polegada estão disponíveis em tamanhos que variam de 1/2 polegada até 3 polegadas. [Figura 4-14]

Furador

O furador é uma ferramenta pontuda para marcar superfícies ou para fazer pequenos furos. É utilizado na manutenção de aeronaves para riscar superfícies de metal ou plástico e para alinhar furos, como por exemplo na instalação de uma COBERTURA PARA DESCONGELAMENTO (deicing boot). [Figura 4-15]

Procedimentos para o uso de um furador:

1. Coloque o metal a ser riscado em uma superfície plana. Posicione uma régua nas marca-

ções guia previamente medidas e feitas no metal.

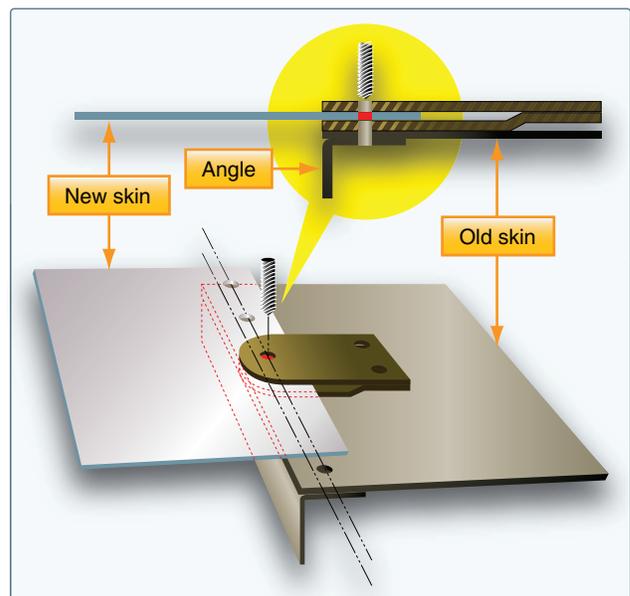
2. Remova a proteção da ponta do furador.
3. Segure a régua firmemente. Segure o furador conforme é mostrado na figura 4-16 e risque ao longo da régua.
4. Recoloque a proteção na ponta do furador.

Duplicador de Furos

Disponível em muitos tamanhos e estilos, os duplicadores de furos utilizam a cobertura antiga como modelo para localizar e combinar furos existentes na estrutura. Os furos em uma chapa de substituição ou em um pedaço devem ser feitos para combinar com os furos existentes na estrutura, e este trabalho é simplificado pelo duplicador de furos. A Figura 4-17 ilustra um tipo de duplicador de furos. A cavilha na parte inferior da perna do duplicador encaixa no furo de rebite existente. Para se fazer o furo na placa ou pedaço para substituição fure através do mancal (BUSHING) da parte superior da perna. Se o duplicador foi confeccionado de forma correta os furos feitos desta maneira estarão em perfeito alinhamento. Um duplicador em separado deve ser usado para cada diâmetro de rebite.

Ferramentas de Corte

As ferramentas de corte, motorizadas ou manuais, disponíveis para os técnicos em manutenção de aeronaves incluem diversos tipos de serras, NIBLERS, tesouras, lixadeiras, talhadeiras e esmeris.





Serra de Corte Circular

A serra de corte circular corta com um disco de aço dentado que gira em alta velocidade. Do tipo manual ou de bancada e movimentada por ar comprimido, esta serra de corta metal e madeira. Para evitar que a serra agarre o metal segure-a firmemente. Verifique se a lâmina tem rachaduras antes da sua instalação, porque uma lâmina rachada pode se soltar durante o uso, o que pode causar sérios danos.

Serra Ket

A serra Ket é elétrica, circular e portátil e usa lâminas de vários diâmetros. [Figura 4-18]. Como a cabeça desta serra pode ser colocada em qualquer ângulo desejado ela é útil para remover seções danificadas em vigas de reforço. As vantagens da serra Kett incluem:

- Pode cortar metal de até 3/16 polegada de espessura.
- Não é necessária a existência de um furo inicial.
- O corte pode ser iniciado em qualquer local de uma placa de metal.
- Pode cortar em um raio interno ou externo.

Serra de Corte Circular Pneumática

A serra de corte circular pneumática, útil para remover partes danificadas, é similar a serra Kett. [Figura 4-19]



Serra Vaivem (RECIPROCATING SAW)

A serra vaivém é versátil e seu ação de corte deve-se ao movimento de vaivém da lâmina. Esta serra pode ser utilizada para cima ou de cabeça para baixo, uma característica que a torna mais versátil que a serra circular para trabalhar em locais com pouco espaço ou de difícil alcance. Existem uma grande variedade de lâminas para este tipo de serra: lâminas com dentes mais finos são utilizados para cortar metal. Esta serra portátil movida a ar utiliza uma lâmina padrão que pode cortar um círculo de 360°, um quadrado ou um retângulo. Ela não é apropriada para trabalho de alta precisão, ela é mais difícil de controlar do que uma serra circular pneumática. A serra vaivém deve ser usada de forma que pelo menos dois dentes da lâmina estejam cortando durante todo o tempo. Evite aplicar muita pressão para baixo para evitar quebrar a lâmina. [Figura 4-20]

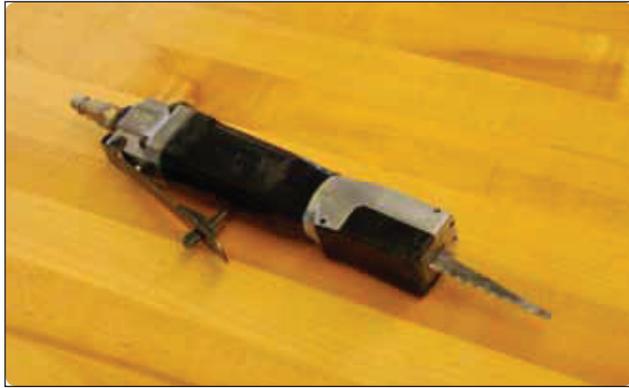
Serra Disco

Uma serra disco é um disco fino e abrasivo movimentado por um esmerilhador pneumático e utilizado para remover revestimento danificado de aeronaves ou vigas de suporte. Os discos têm diferentes espessuras e tamanhos. [Figura 4-21]

Cortadores

Normalmente movidos a ar comprimido os cortadores são outro tipo de ferramenta para cortar placas de metal. Cortadores portáteis utilizam uma BLANKING ACTION de alta velocidade (o DIE inferior se move para cima e para baixo e encontra o DIE superior que é estático) para cortar o metal. [Figura 4-22] O formato do DIE inferior corta pequenos pedaços de metal de aproximadamente 1/16 polegada de largura.

A velocidade de corte dos cortadores é controlada pela espessura do material que está sendo cortado. Os cortadores cortam, satisfatoriamente, chapas de metal



de no máximo 1/16 polegada de espessura. Excesso de força aplicada ao metal durante a operação de corte entope os DIES fazendo com que eles falhem ou que o motor superaqueça. O mercado tem disponível cortadores manuais ou elétricos.

Maquinário da Oficina

Devido ao seu tamanho e fonte de energia o maquinário utilizado na oficina é normalmente fixo, e a parte da fuselagem que precisa ser construída ou reparada é trazida até onde está a máquina.

Guilhotina de Esquadrinhar

A guilhotina de esquadrinhar proporciona ao técnico em célula uma meio conveniente de cortar e alinhar placas de metal. Disponível nos modelos manual, hidráulico e pneumático, esta guilhotina consiste em uma lâmina fixa inferior, presa a uma bancada, uma lâmina superior fixa a uma cabeça cruzada. [Figura 4-23]

Duas fendas para o esquadrinhamento, consistindo de tiras grossas de metal, são usadas para esquadriar chapas de metal, estão colocadas na bancada. Uma do lado direito e outra do lado esquerdo, formando um ângulo de 90° com as lâminas. Uma régua graduada em frações de polegada faz parte da bancada para facilitar o trabalho.

Para fazer um corte mova a lâmina superior para bai-

xo pisando no pedal. Uma vez que o metal tenha sido cortado e a pressão for retirada do pedal uma mola faz com que a lâmina e o pedal subam. Modelos hidráulicos e pneumáticos utilizam pedais remotos para assegurar a segurança do operador.

A guilhotina de esquadrinhar realiza três operações distintas:

1. Cortar em linha
2. Esquadriar
3. Cortes múltiplos em tamanhos específicos

Quando estiver cortando em linha posicione a chapa na bancada da guilhotina, em frente a lâmina de corte, com a linha de corte alinhada com a borda cortante da bancada. Para cortar uma chapa com a guilhotina pise no pedal enquanto segura a chapa firmemente na posição.

O esquadriamento passar por diversas etapas. Na primeira etapa uma das extremidades da chapa é alinhada com a borda (a fenda de esquadrinhamento é geralmente utilizada como borda). Então as outras bordas



são esquadriadas segurando-se a extremidade já esquadriada contra as fendas de esquadrinha e fazendo o corte, uma borda de cada vê, até que todas as bordas tenham sido esquadriadas.

Quando diversas peças tiverem que ser cortadas nas mesmas dimensões utiliza-se o BACKSTOP, localizado na parte de trás da borda cortante da maioria das guilhotinas de esquadriar. As hastes de suporte são graduadas em frações de polegada e a barra medidora pode ser colocada em qualquer ponto das hastes. Ajuste a barra medidora na distância desejada da lâmina de corte da guilhotina e empurre cada peça a ser cortada contra a barra medidora. Todas as peças podem ser cortadas nas mesmas dimensões sem medir ou marcar cada uma separadamente.

Guilhotinas operadas por pedal têm a capacidade máxima de corte de 0,063 polegada de ligas de alumínio. Use guilhotinas com acionamento hidráulico ou pneumático para cortar metais mais espessos. [Figura 4-24]

Tesourão Sem Pescoço

Os técnicos em célula usam tesourões sem pescoço para cortar chapas de alumínio com mais de 0,063 polegada. Esta guilhotina leva este nome pelo fato de que o metal pode ser movimentado livremente ao redor da lâmina durante o corte, porque a guilhotina não tem “pescoço”. [Figura 4-25] Esta característica permite grande flexibilidade nas formas que podem ser cortadas porque o metal pode ser virado em qualquer ângulo para cortes retos, curvados ou irregulares. Além disso, pode-se cortar uma chapa de qualquer comprimento.

Uma alavanca manual opera a lâmina de corte, que é a lâmina superior. Os tesourões sem pescoço feitos pela Beverly Shear Manufacturing Corporation, called Beverly™ são normalmente utilizados.

Tesourão em Espiral

Os tesourões em espiral são usados para cortar linhas irregulares na parte de dentro da chapa sem cortar a borda. [Figura 4-26] A lâmina de corte superior é fixa enquanto que a inferior é móvel. Uma alavanca conectada a parte inferior opera a máquina.

Vazador Rotativo

Usado para fazer furos em partes metálicas. O vazador rotativo pode fazer cortes circulares em arestas, pode fazer arruelas, e realizar qualquer outro trabalho onde sejam necessários furos. [Figura 4-27] Esta máquina é composta por duas torres cilíndricas, uma



montada sobre a outra e suportadas pela estrutura da máquina. As duas torres são sincronizadas para girar juntas. Os pinos de índice asseguram o alinhamento correto todo o tempo, e podem ser liberados da sua posição fixa girando-se uma alavanca do lado direito da máquina. Esta ação remove os pinos de índice dos furos e permite que o operador movimente as torres para qualquer tamanho de furo desejado.

Quando girar as torres para mudar o tamanho dos furos solte a alavanca de índice quando o punção desejado estiver a uma polegada do batente continue a rodar a torre lentamente até que o topo de fixação do punção deslize para dentro da extremidade com ranhuras do batente. Os pinos afilados de trava de índice irão se acomodar nos furos e, ao mesmo tempo, liberar o dispositivo mecânico de travamento, que evita a furação até que as torres estejam alinhadas.

Para operar a máquina coloque o metal a ser trabalhado entre a estampa e o punção. O operador puxa a alavanca no topo de máquina contra seu corpo, atuando o eixo pinhão, o segmento de engrenagem, a articulação e o batente, forçando o punção a atravessar o metal.



Quando a alavanca retornar a sua posição original o metal é removido do punção.

O diâmetro do punção está estampado na frente de cada suporte. Cada punção tem um ponto no seu centro que é colocado no centro que é posicionado no centro do furo a ser feito, para uma localização correta.

Serra de Fita

A serra de fita consiste em uma banda de metal dentado acoplada a circunferência de duas rodas. Esta banda de metal dentado gira continuamente ao redor destas rodas. A serra fita é usada para cortar alumínio, aço, e partes de compósitos. [Figura 4-28] A velocidade da serra de fita, assim como o tipo e estilo da lâmina, dependem do material que será cortado. As serras de fita normalmente são designadas para cortar um tipo de material, e deve ser trocada para cada tipo de material diferente. A velocidade é controlável e a plataforma de corte pode ser inclinada para cortar em ângulo.



Lixadeira de Disco

Lixadeiras de disco têm um disco abrasivo ou cinta abrasivos e são usados para polir ou alisar superfícies. A lixadeira utiliza lixas de papel, de diferentes grãos, para desbastar as partes metálicas. É muito mais rápido utilizar uma lixadeira de disco do que lixar uma parte para se chegar a dimensão correta. A combinação de lixadeira de disco e cinta tem uma lixadeira de cinta vertical acoplada a lixadeira de disco e é frequentemente utilizada na oficina. [Figura 4-29]



Lixadeira de Cinta

A lixadeira de cinta usa um cinta abrasiva movimentada por motor elétrico para lixar partes metálicas, de forma muito parecida com a lixadeira de disco. O papel abrasivo utilizado na cinta tem diferentes grãos. A lixadeira de cinta pode ser vertical ou horizontal. A tensão da cinta e seu posicionamento podem ser regulados. [Figura 4-30]

NOTCHER

O NOTCHER é utilizado para cortar as peças de metal, e algumas máquinas são capazes de cisalhar, esquadrihar e aparar o metal. [Figura 4-31] Um NOTCHER consiste de uma matriz superior e uma inferior e seu corte mais frequente é em ângulo de 90°, embora algumas máquinas possam cortar metal em



ângulos de até 180°. Os NOTCHERS estão disponíveis em modelos pneumáticos e manuais, capazes de cortar diversas espessuras de aço macio e alumínio. É uma excelente ferramenta para remoção rápida de arestas das chapas de metal. [Figura 4-32]



Esmeril Molhado e Seco

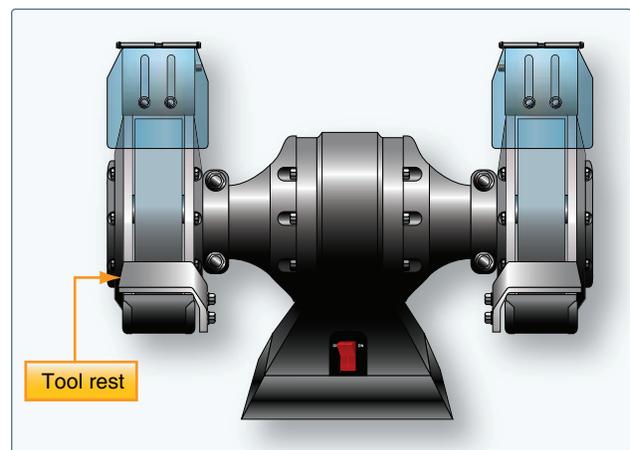
Existem diversos tipos e tamanhos de esmeril, e dependendo do tipo de trabalho que será realizado, existe um mais apropriado. Os esmeris molhados e secos são encontrados nas estações de reparo. O rebolo pode estar em uma bancada ou pedestal. O esmeril seco tem, normalmente, um rebolo em cada ponta de um eixo que roda através de um motor elétrico ou uma polia operados por uma cinta. O esmeril molhado tem uma bomba que fornece um fluxo de água em um único rebolo. A água atua como um lubrificante para que o trabalho seja realizado de forma mais rápida enquanto que a borda do metal seja continuamente



refrescado, reduzindo o calor produzido pelo atrito do material contra o rebolo. A água também leva embora qualquer partícula de metal que foi removida durante a operação. A água retorna para um tanque e pode ser reutilizada.

Os esmeris são utilizados para afiar facas, ferramentas, lâminas, assim como para esmerilhar aço, objetos metálicos, brocas e ferramentas. A Figura 4-33 ilustra um tipo comum de esmerilhadeira de bancada encontrada na maioria das estações de reparo de aeronaves. Eles podem ser usados para DRESS MUSHROOMED HEADS e pontas em cinzeis, chaves de fenda, furadeiras, assim como para remover o excesso de metal do trabalho com metais e alisar superfícies planas.

O esmeril de bancada é normalmente equipado com uma roda de esmeril de grão médio e uma com grão fino. A roda com grão médio é normalmente usada para esmerilhar peças em que uma considerável quantidade de material será removido, ou onde um acabamento liso não é importante. A roda com grão fino é usada para afiar ferramentas e esmerilhar peças



delicadas. Ela remove o metal mais lentamente, dá um acabamento liso ao trabalho e não gera tanto calor a ponto de recozer as bordas das ferramentas de corte. Antes de usar qualquer tipo de esmeril assegure-se que a roda abrasiva esteja firmemente presa no eixo do motor pelas porcas flangeadas. Uma roda abrasiva que se solte ou afrouxe pode machucar seriamente o operador, além de danificar a esmerilhadeira. Um descanso de ferramentas frouxo pode fazer com que a peça que está sendo trabalhada seja “agarrada” pela roda do esmeril e faça com que a mão do operador entre em contato com a roda, tendo a possibilidade de causar ferimentos graves.

Sempre use óculos de segurança quando estiver utilizando o esmeril, mesmo que haja proteção em volta do esmeril. Os óculos de segurança devem estar firmemente presos no rosto. Este é o único meio de proteger os olhos contra os pedaços de aço. Óculos de segurança que não estejam bem encaixados na face devem ser trocados. Antes de colocar o esmeril em operação certifique-se que a roda do esmeril não tenha rachaduras. Uma roda rachada pode quebrar durante o uso, causando muitos danos físicos e materiais. Nunca utilize um esmeril a não ser que seja equipado com anteparos firmemente posicionados.

Rodas de Esmeril

Rodas de esmeril são feitas de material abrasivo e são um meio eficiente de cortar, modelar ou acabar metais. Estão disponíveis em uma ampla variedade de tamanhos e diversos formatos, são também utilizadas para afiar facas, brocas e muitas outras ferramentas, ou para limpar e preparar superfícies para pintura ou galvanização.

Rodas de esmeril são removíveis e uma roda de polimento ou desbaste pode ser substituída pela roda abrasiva. Carboneto de silício ou óxido de alumínio são os tipos de abrasivos utilizados na maioria das rodas de esmeril. O carboneto de silício é o agente cortante utilizado para esmerilhar materiais duros e quebradiços, como ferro fundido. Também é utilizado para esmerilhar alumínio, bronze e latão. O óxido de alumínio é o agente cortante para esmerilhar aço e outros metais com alta resistência a tração.

Ferramentas de Corte Manual

Muitos tipos de ferramentas de corte manual estão disponíveis para cortar chapas de bitola fina. Quatro ferramentas de corte são comumente encontradas na oficina de reparos: tesouras de chapa manual, tesouras

de aviação, limas e ferramentas rebarbadoras.

Tesoura de Chapa

Tesouras de chapa têm lâminas retas com bordas de corte afiadas em um ângulo de 85°. [Figura 4-34] Disponíveis em tamanhos que variam de 6 a 14 polegadas, elas cortam alumínio até 1/16 polegada. Tesouras de chapa podem ser utilizadas para fazer cortes retos ou curvas grandes, mas as tesouras de aviação são melhores para cortar círculos ou arcos.



Tesouras de Aviação

As tesouras de aviação são utilizadas para fazer buacos, cortar em curva, círculos e DOUBLERS (um pedaço de metal colocado sobre uma parte para torná-la mais rígida) nas chapas de metal. As tesouras de aviação têm cabos coloridos para identificar a direção do corte: as de cabo amarelo cortam reto, cabo verde cortam em curva para a direita e cabo vermelho em curva para a esquerda. [Figura 4-35]



Limas

As limas são ferramentas importantes mas frequentemente negligenciadas no corte e abrasão do metal. As limas têm cinco propriedades diferentes: comprimento, contorno, formato da sessão transversal, tipos de

dentes e tamanho dos dentes. Muitos tipos diferentes de limas estão disponíveis, em tamanhos que variam de 3 a 18 polegadas. [Figura 4-36]



A parte da lima em que estão os dentes é chamada de face. A extremidade cônica que se encaixa no cabo é chamada de espiga. A parte da lima onde a espiga começa é chamada de talão. O comprimento da lima é a distância da ponta até o talão, e não inclui a espiga. Os dentes da lima fazem o corte. Estes dentes estão dispostos em ângulo na face da lima. A lima com uma única fileira de dentes paralelos é chamada de lima de corte simples. Os dentes estão em ângulo de corte de 65°-85° da linha de centro, dependendo do uso da lima. Limas que tem uma fileira cruzando outra, em um padrão cruzado são chamadas de limas de corte duplo. O ângulo do primeiro conjunto de dentes está, normalmente, a 40°-50°, e dos dentes que estão cruzando sobre estes a 70°-80°. O cruzamento das fileiras de dentes produz uma superfície com um grande número de pequenos dentes inclinados na superfície da lima. Cada um destes pequenos dentes parece uma ponta de diamante de uma talhadeira.

As limas são classificadas de acordo com o espaçamento entre os dentes: uma lima grossa tem uma pequena quantidade de dentes grandes, e uma lima fina tem uma grande quantidade de dentes pequenos. Quanto mais grossos os dentes, mais metal será removido em cada movimento da lima. Os termos utilizados para indicar o quão áspera ou fina a lima é são: muito grossa, grossa, bastarda, corte médio, mursa e mursa fina, e a lima pode ser de corte simples ou duplo. As limas também são classificadas de acordo com o seu formato. Alguns dos tipos mais comuns são: plana, triangular, retangular, meia cana e redonda.

Existem diversas técnicas para a utilização das limas. A técnica mais comum é remover as bordas ásperas e lascas da parte acabada antes de instalá-la. A limagem cruzada é o método utilizado para limar as bordas de

partes de metal que devem ter encaixe bastante justo. Este método necessita que o metal seja preso firmemente entre duas ripas de madeira e que a borda do metal seja limada até uma linha pré-estabelecida. A limagem de arrasto é usada em superfícies maiores precisam ser alisadas e esquadrihadas. Essa técnica é realizada arrastando-se a lima por toda a superfície que está sendo trabalhada.

Para se proteger os dentes da lima estas devem ser guardadas separadamente, enroladas em plástico ou penduradas pelos seus cabos. As limas guardadas em caixas de ferramentas devem ser enroladas em papel encerado para evitar que a ferrugem se forme nos dentes. Os dentes das limas devem ser limpos com uma lixa de papel.

DIE GRINDER

Uma DIE GRINDER é uma ferramenta manual que gira uma roda de corte montada, uma lima rotativa, ou um disco de lixa em alta velocidade. [Figura 4-37] Elas podem ser elétricas ou movidas a ar comprimido. As pneumáticas se movimentam a uma velocidade de 12.000 a 20.000 rpm, com a velocidade controlada pelo operador, que usam um regulador de pressão do ar, acionados manualmente ou por um pedal, que controla o volume de ar comprimido. Os modelos disponíveis podem ser retos ou com ângulos de 45° e 90°. Essa ferramenta é excelente para quebrar solda, suavizar bordas, remover rebarbas, PORTING e também para polir, esmerilhar e cortar em alta velocidade.



REBARBADOR

Este tipo de ferramenta é usado para remover a rebarba da borda de uma placa ou para remover as rebarbas de um furo. [Figura 4-38]



FURAÇÃO

Fazer furos é uma operação comum na estação de reparo de aeronaves. Uma vez que os fundamentos sobre furadeiras e seus usos estejam aprendidos, a furação para rebites e parafusos em metais leves não é difícil. Enquanto uma pequena furadeira portátil é a ferramenta mais prática para esta operação rotineira na fuselagem de uma aeronave, algumas vezes uma DRILL PRESS pode ser o melhor equipamento para o trabalho.

Furadeiras Portáteis

Furadeiras portáteis operam por ar comprimido ou eletricidade. As furadeiras com motores pneumáticos são recomendadas para o uso em reparos próximos a materiais inflamáveis, onde as possíveis faíscas do motor de uma furadeira elétrica podem tornar-se um risco de incêndio.

Quando utilizar uma furadeira portátil segure-a firmemente com ambas as mãos. Antes de começar a furar lembre-se de colocar um bloco de madeira atrás do local que será furado para dar mais apoio a estrutura do metal. A broca deve estar colocada no mandril e se está simétrica e sem vibrações. Isto pode ser verificado visualmente, fazendo o motor rodar. Uma broca que não está firme ou levemente torta não deve ser utilizada, porque assim pode fazer com que o furo fique maior que o desejado. A furadeira sempre deve ser mantida em ângulo reto com o trabalho, independente da posição ou curvatura. Inclinar a furadeira durante o processo de furação, ou retirar a furadeira do material enquanto ainda estiver furando, pode provocar um alongamento (formato de ovo) no furo. Quando furar uma chapa de metal formam-se pequenas rebarbas na borda do furo. Estas rebarbas devem ser removidas para permitir que os rebites ou parafusos se encaixem perfeitamente, e para evitar aranhões. As rebarbas podem ser removidas com um raspador, um escareador ou uma broca maior do que aquela que foi utilizada para se fazer o furo. Se a escolha for por um escare-

ador ou broca eles devem ser rodados manualmente. Use sempre óculos de segurança.

Furadeiras Com Motor Pneumático

Furadeiras com motor pneumático são o tipo mais comum para o trabalho em aeronaves. [Figura 4-39]. Elas são leves, têm potência suficiente e bom controle de velocidade. Estas furadeiras existem em muitos tamanhos e modelos. A maioria que é utilizada para o trabalho com metais em aeronaves giram em torno de 3.000 rpm, mas para a furação mais profunda, ou de materiais mais duros, tais como aço resistente a corrosão ou titânio, deve-se selecionar uma furadeira que tenha mais torque e menos rpm, para se evitar danos nas ferramentas e no material.



Furadeiras de Ângulo Reto e 45°

Furadeiras de ângulo reto e 45° são utilizadas em posições que não são acessíveis com uma furadeira do tipo pistola. A maioria das furadeiras de ângulo reto são brocas de diversos comprimentos. As furadeiras de ângulo reto para trabalho pesado são equipadas com um mandril similar a do tipo pistola. [Figura 4-40]



Dois Furos

Furadeiras especiais, que fazem dois furos ao mesmo tempo, são usadas na instalação de placas de porcas. Furando-se dois furos ao mesmo tempo tem-se sempre a mesma distância entre os furos, e o alinhamento é perfeito. [Figura 4-41]



Furadeira de Coluna

A furadeira de coluna é uma máquina de precisão utilizada para a confecção de furos com alto nível de acuracidade. Serve como um meio preciso de se localizar e manter a direção de um furo que será feito, além de possuir uma alavanca que facilita a tarefa do operador. A furadeira de coluna vertical é a mais comum. [Figura 4-42]



Quando utilizar uma furadeira de coluna a altura da mesa é ajustada para acomodar a altura da peça a ser furada. Quando a altura da peça for maior que a distância entre a broca e a mesa, esta deve ser baixada. Quando a altura da peça for menor que a distância entre a broca e a mesa, a mesa é levantada.

Após ajustar a altura da mesa e peça é colocada na

mesma e a broca é trazida para baixo para auxiliar no posicionamento do metal que será furado, de forma que o local onde o furo será feito esteja imediatamente abaixo da broca. A peça é então fixada na mesa da furadeira para evitar que escorregue durante a operação. Peças que não são fixadas adequadamente podem ficar presas a broca e começar a girar, causando lesões graves no operador, como cortes no tronco e braços ou perda de dedos ou das mãos. Sempre certifique-se que a peça que será furada esteja bem presa na mesa da furadeira antes de começar a operação.

O nível de acuracidade que se pode obter quando se utiliza uma furadeira de coluna depende, em certo ponto, das condições do eixo da furadeira, dos mancais e do mandril. Assim, um cuidado especial deve ser dado a estas partes, para que elas sejam mantidas limpas e livres de lascas, amassamentos e empenamentos. Sempre certifique-se que a luva esteja bem presa no eixo da furadeira. Nunca coloque uma broca quebrada em uma luva ou eixo.

A velocidade da broca em uma furadeira de coluna é ajustável. Sempre ajuste a melhor velocidade para o material que será furado. Tecnicamente, a velocidade de uma broca significa sua velocidade na circunferência, na superfície pés por minuto (sfm). A velocidade recomendada para furar ligas de alumínio é de 200 a 300 sfm, e para aço macio de 30 a 50 sfm. Na prática isto deve ser convertido em rpm para cada tamanho de broca. Os manuais de mecânicos e operadores de máquinas incluem tabelas de conversão rpm, ou os rpm podem ser computados usando-se a seguinte fórmula:

$$\frac{CS \times 4}{D} = rpm$$

CS = a velocidade recomendada de corte em sfm
D = o diâmetro da broca em polegadas

Exemplo: em quantos rpm deve girar uma broca de 1/8 polegada para furar uma peça de alumínio a 300 sfm

Extensões e Adaptadores de Furadeiras

Quando o acesso a algum local a ser perfurado é de difícil acesso, ou impossível com uma furadeira reta, vários tipos de extensões de furadeira e adaptadores podem ser utilizados.



Extensão de Brocas

Extensões de brocas são amplamente utilizadas para fazer furos em locais que precisam ser acessados através de aberturas pequenas ou passar por saliências. Estas brocas, que vem com comprimentos de 6 a 12 polegadas, tem alta velocidade com molas de eixo temperadas. Quando utilizar extensões de brocas sempre:

1. Selecione a broca mais curta para fazer o serviço. É mais fácil de controlar.
2. Verifique se a broca está reta. Uma broca curva fará um furo maior que o desejado e pode ser difícil de controlar.
3. Mantenha a broca sob controle. Extensões menores de ¼ polegada devem ser apoiadas por um DRILL GUARD feito de um pedaço de tubulação ou mola, para evitar WHIPPING.

Extensão Reta

Uma extensão reta para furadeiras pode ser feita com um pedaço de DRILL ROD. A broca é ligada ao DRILL ROD por SHRINK FITTING, soldagem ou solda de prata.

Adaptadores de Ângulo

Adaptadores de ângulo podem ser ligados a uma furadeira pneumática ou elétrica quando a localização do furo for inacessível para uma furadeira reta. Os adaptadores de ângulo em uma haste de extensão ligada ao mandril da furadeira. A furadeira é segura em uma mão e o adaptador na outra para evitar que o adaptador gire no mandril.

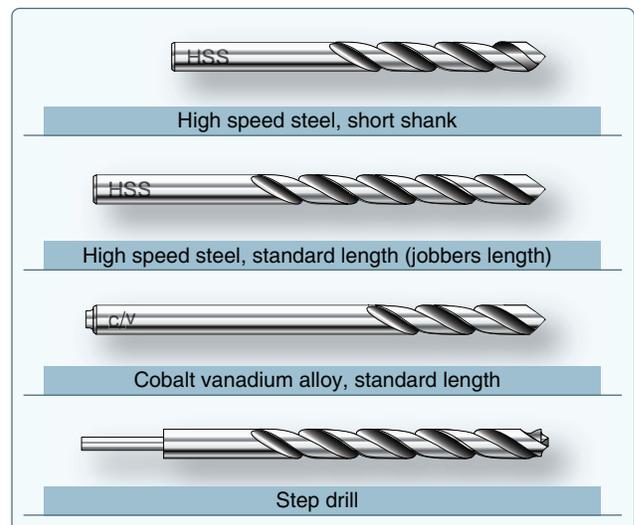
Snake Attachment

A SNAKE ATTACHMENT é uma extensão flexível

usada para furar em locais inacessíveis a furadeiras comuns. Disponível para furadeiras elétricas ou pneumáticas, sua flexibilidade permite a furação próxima a obstruções com esforço mínimo. [Figura 4-43]

Tipos de Brocas

Existe uma ampla variedade de brocas, incluindo brocas especiais para trabalhos específicos. A Figura 4-44 ilustra as partes de uma broca e a Figura 4-45 mostra algumas brocas de uso comum. Brocas de aço de alta velocidade podem ter a haste curta ou com comprimento padrão, algumas vezes chamadas de JOBBERS LENGHT. Brocas HSS podem suportar altas temperaturas, que se aproximem da faixa crítica de 1.400°F (vermelho cereja escuro) sem perder sua dureza. Conforme o padrão da indústria para perfuração de metal (alumínio, aço, etc) estas brocas permanecem afiadas por mais tempo.



Brocas Passo

O procedimento típico para se fazer furos maiores que 3/16 polegada em placas de metal é fazer um furo piloto com uma broca número 40 ou 30 e então aumentar o furo com uma broca do tamanho correto. A broca passo combina estas duas funções em um passo. A broca passo consiste de uma broca piloto menor que faz o furo inicial. Quando a broca já estiver mais adiante no trabalho o segundo passo da broca aumenta o furo para o tamanho desejado.

As brocas passo são projetadas para fazer furos redondos na maioria dos metais, plástico e madeira. Comumente usadas na construção geral e em enca-

namentos, têm um melhor desempenho em materiais macios, tais como madeira compensada, mas podem ser usadas em placas de metal bem finas. As brocas passo também podem ser usadas para remover rebarbas deixadas por outras brocas.

Brocas de Liga de Cobalto

As brocas de liga de cobalto são projetadas para trabalhar com metais duros e resistentes como o aço resistente a corrosão e o titânio. É importante para o técnico em aeronaves que repare na diferença entre HSS e cobalto, porque as brocas de HSS se desgastam muito rapidamente quando estão perfurando titânio ou aço inoxidável. As brocas de cobalto são excelentes para

Drill Size	Decimal (Inches)								
80	.0135	50	.0700	22	.1570	G	.2610	31/64	.4844
79	.0145	49	.0730	21	.1590	17/64	.2656	1/2	.5000
1/54	.0156	48	.0760	20	.1610	H	.2660	33/64	.5156
78	.0160	5/64	.0781	19	.1660	I	.2720	17/32	.5312
77	.0180	47	.0785	18	.1695	J	.2770	35/64	.5469
76	.0200	46	.0810	11/64	.1718	K	.2810	9/16	.5625
75	.0210	45	.0820	17	.1730	9/32	.2812	37/64	.5781
74	.0225	44	.0860	16	.1770	L	.2900	19/32	.5937
73	.0240	43	.0890	15	.1800	M	.2950	39/64	.6094
72	.0250	42	.0935	14	.1820	19/64	.2968	5/8	.6250
71	.0260	3/32	.0937	13	.1850	N	.3020	41/64	.6406
70	.0280	41	.0960	3/16	.1875	5/16	.3125	21/32	.6562
69	.0293	40	.0980	12	.1890	O	.3160	43/64	.6719
68	.0310	39	.0995	11	.1910	P	.3230	11/16	.6875
1/32	.0312	38	.1015	10	.1935	21/64	.3281	45/64	.7031
67	.0320	37	.1040	9	.1960	Q	.3320	23/32	.7187
66	.0330	36	.1065	8	.1990	R	.3390	47/64	.7344
65	.0350	7/64	.1093	7	.2010	11/32	.3437	3/4	.7500
64	.0360	35	.1100	13/64	.2031	S	.3480	49/64	.7656
63	.0370	34	.1110	6	.2040	T	.3580	25/32	.7812
62	.0380	33	.1130	5	.2055	23/64	.3593	51/64	.7969
61	.0390	32	.1160	4	.2090	U	.3680	13/16	.8125
60	.0400	31	.1200	3	.2130	3/8	.3750	53/64	.8281
59	.0410	1/8	.1250	7/32	.2187	V	.3770	27/32	.8437
58	.0420	30	.1285	2	.2210	W	.3860	55/64	.8594
57	.0430	29	.1360	1	.2280	25/64	.3906	7/8	.8750
56	.0465	28	.1405	A	.2340	X	.3970	57/64	.8906
3/64	.0468	9/64	.1406	15/64	.2343	Y	.4040	29/32	.9062
55	.0520	27	.1440	B	.2380	13/32	.4062	59/64	.9219
54	.0550	26	.1470	C	.2420	Z	.4130	15/16	.9375
53	.0595	25	.1495	D	.2460	27/64	.4219	61/64	.9531
1/16	.0625	24	.1520	1/4	.2500	7/16	.4375	31/32	.9687
52	.0635	23	.1540	E	.2500	29/64	.4531	63/64	.9844
51	.0670	5/32	.1562	F	.2570	15/32	.4687	1	1.0000

perfurar titânio e aço inoxidável, mas não fazem um furo de boa qualidade em ligas de alumínio. Brocas de cobalto podem ser reconhecidas por ter uma ESTRUTURA (WEBS) mais espessa e um afunilamento no final da haste.

Brocas de Torção

As brocas de torção são o tipo mais comum de broca, e tem estrias em espiral que correm ao longo do seu corpo. [Figura 4-46]. Esta broca pode ter uma, duas, três ou até quatro estrias. As de estria simples ou dupla são as mais comuns e fáceis de encontrar e são utilizadas para começar os furos. As de três ou quatro estrias são usadas de forma intercambiável e para aumentar furos já existentes. As brocas estão disponíveis em uma grande variedade de matérias e tamanhos, e designadas para projetos específicos.

As brocas padrão utilizadas para furar alumínio são feitas de HSS e tem a ponta a 135°. As brocas para titânio são feitas de vanádio cobalto, para uma maior resistência.

Tamanho das Brocas

O diâmetro das brocas é agrupado em três tamanhos padrão: número, letra e fracional. Os décimos equivalentes da broca padrão são mostrados na Figura 4-47.

Lubrificação da Broca

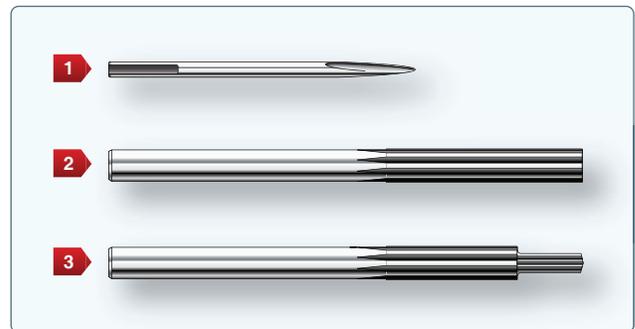
A furação normal de materiais em placas não precisa de lubrificação, mas esta é necessária para qualquer perfuração mais profunda. Os lubrificantes existem para auxiliar na remoção de lascas, prolongar a vida da broca e assegurar um bom acabamento e acuracidade dimensional do furo. A lubrificação não evita o superaquecimento. O uso de lubrificantes é sempre uma boa prática quando se perfuram fundidos, forjados ou metais espessos. Um bom lubrificante deve ser fino o suficiente para ajudar na remoção de lascas mas espesso o suficiente para aderir na broca. Para alumínio, titânio e aço resistente a corrosão um lubrificante com base de álcool cetílico é o mais satisfatório. O álcool cetílico é um álcool não graxo, produzido quimicamente nas formas líquida, pastosa ou sólida. A forma de bastão sólido se liquefaz rapidamente na temperatura de furação. Para aço o óleo mineral sulfuroso de corte é o melhor. O enxofre tem afinidade com o aço, que auxilia a manter o óleo de corte no seu lugar. No caso de perfuração profunda, a broca deve ser retirada em intervalos regulares para aliviar o acúmulo de lascas e assegurar que o lubrificante alcance o ponto desejado. Como regra geral se a broca for grande ou o material

duro, use lubrificante.

Alargadores

Alargadores são utilizados para aumentar furos e dar a eles um acabamento liso, no tamanho desejado e são feitos em diversos estilos. Eles podem ser retos ou cônicos, sólidos ou EXPANSIVE e ter ranhuras retas ou helicoidais. A Figura 4-48 ilustra três tipos de alargadores.

1. Os alargadores de produção de três ou quatro ranhuras são normalmente utilizados quando se precisa de um acabamento fino ou quando o tamanho que se precisa alcançar não pode ser conseguido com uma broca padrão.
2. Alargadores padrão ou retos.
3. Alargador piloto, com a ponta reduzida para proporcionar um alinhamento correto.



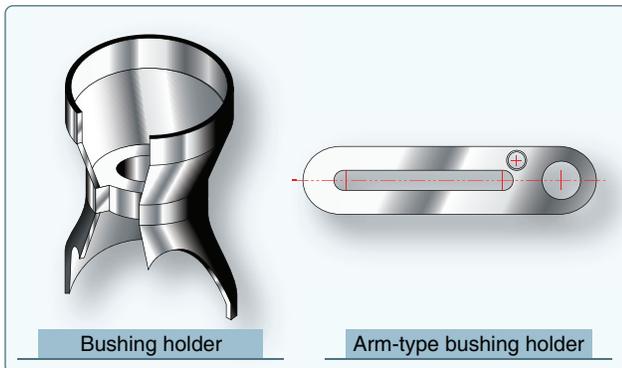
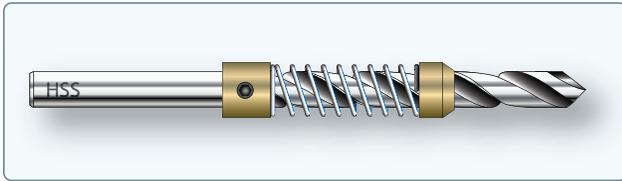
A parte cilíndrica da maioria dos alargadores retos não tem bordas cortantes, mas apenas ranhuras cortadas para o comprimento total do corpo do alargador. Estas ranhuras proporcionam um caminho para as lascas saírem e canais para que o lubrificante chegue a borda de corte. O corte é feito pela borda do alargador. As bordas de corte estão chanfradas a um ângulo de $45^\circ \pm 5^\circ$.

Alargadores com ranhuras são projetados para remover lascas como uma broca. Não tente retirar um alargador girando-o na direção oposta, porque as lascas podem ser forçadas para a superfície, marcando o furo.

Limitador de Broca

Limitadores de broca são um bom investimento. [Figura 4-49] Devidamente ajustados eles podem evitar a penetração excessiva da broca, o que pode danificar a estrutura subjacente ou ferir pessoas, e também evi-

ta que o mandril marque a superfície. Os limitadores de broca podem ser feitos de tubos, hastes de fibras ou borracha dura.



DRILL BUSHINGS e Guias

Existem diversos tipos de ferramentas disponíveis para auxiliar que a furadeira fique perpendicular a peça que será furada. Estes consistem em um BUSHING endurecido ancorado em um suporte. [Figura 4-50]

Tipos de DRILL BUSHING:

1. Tubo-mão – segurando em um furo existente
2. Comercial – fechamento por torção
3. Comercial – rosqueado

Tipos de Suportes para DRILL BUSHING

Existem quatro tipos de suporte para DRILL BUSHING:

1. Padrão – bom para furação materiais planos ou tubos/haste; use o BUSHING do tipo de inserir.
2. EGG CUP – melhoria na base tripé padrão; permite que se faça furos em materiais planos e curvados; BUSHINGS intercambiáveis permitem flexibilidade. [Figura 4-51]
3. PLATE – usado a princípio para componentes intercambiáveis; usa BUSHINGS comerciais



e furadeiras auto-alimentáveis.

4. Braço – usado quando se perfura estruturas críticas; pode ser bloqueado em posição, usa BUSHINGS comerciais intercambiáveis.

Técnicas de Furação

Muitas vezes é necessária a localização precisa dos furos. Quando as tolerâncias são baixas as marcações com os punções devem ser feitas com precisão. Se a marcação feita por um punção for pequena demais a aresta de corte da broca pode escapar da marcação antes de se começar o furo. Se a marcação do punção for forte demais ela pode deformar o metal e/ou resultar em um encruamento no local onde a broca deve começar a furar. O melhor tamanho para a marcação de um punção é aproximadamente a largura da borda de corte da broca que será usada. Isso fará com que a broca fique no lugar quando começar a furar. O procedimento que assegura que os furos sejam precisos é: [Figura 4-52]



1. Meça e desenhe cuidadosamente a localização dos furos, marcando-as com um “x”.

NOTA: a borda de corte é a superfície de operação menos eficiente da broca helicoidal, porque ela não corta, mas na verdade espreme ou extrusa o material que está sendo trabalhado.

2. Use um punção de ponta afiado ou um punção de centro e uma lente de aumento para marcar mais ainda os furos.
3. Coloque um GROUND CENTER PUNCH (120°-135°) na marcação do punção de ponta e, segurando-se o punção de centro perpendicularmente na superfície, e de um golpe firme com um martelo.
4. Marque cada furo com uma broca pequena (recomenda-se 1/16 polegada) para verificar e ajustar a localização antes do furo piloto.
5. Recomenda-se furo piloto para furos de 3/16 polegada ou maiores. Selecione uma broca igual a largura da borda de corte do tamanho da broca final. Evite usar uma broca piloto muito grande porque isso fará com que as bordas do furo final fiquem deformadas, queimadas ou lascadas. Isso também contribui para trepidação e parada do motor. Faça um furo piloto em cada marcação.
6. Posicione a broca no centro dos “x”, perpendicularmente a superfície e com uma leve pressão comece a furar lentamente. Pare de furar após algumas voltas e verifique se a broca está começando na marcação. Deve estar. Caso não esteja é necessário mover o furo posicionando a broca na direção em que deve ir, e fazer com que gire de forma cuidadosa e intermitente até que esteja alinhada da forma correta.
7. Aumente cada furo piloto até o tamanho final.

Fazendo Furos Grandes

A técnica a seguir pode ser usada para se fazer furos grandes. Ferramentas especiais foram desenvolvidas para se perfurar furos grandes com tolerâncias precisas. [Figura 4-53]

1. Faça um furo piloto usando uma DRILL



BUSHING. Os BUSHINGS tem tamanhos de broca de 1/8, 3/16 ou ¼.

2. Brocas passo são usadas para fazer furos aproximadamente 1/64 polegada menor que o tamanho do furo final. O passo de alinhamento de diâmetro se equipara com o tamanho da broca piloto.
3. Termine de escarear o tamanho usando um escareador de passo. O diâmetro de passo alinhado se equipara com o tamanho do núcleo da broca de passo. Escareadores devem estar disponíveis para folga e interferência dos furos.

NOTA: os furos também podem ser aumentado usando-se uma série de escareadores de passo.

Chip Chasers

O CHIP CHASER é projetado para remover lascas e rebarbas alojadas entre as chapas de metal após a furação para colocação de rebites. [Figura 4-54] Os CHIP CHASERS tem um cabo de plástico moldado e uma lâmina de aço flexível com um gancho na ponta.

Ferramentas de Conformação

A conformação de placas de metal é muito antiga, do tempo dos ferreiros que usavam martelo e forno quente para modelar o metal no formato desejado. Hoje os técnicos de manutenção têm uma ampla variedade de ferramentas para curvar e dobrar as placas de metal e atingir o formado perfeito. As ferramentas de conformação incluem máquinas em linha reta, tais como dobrador de barras e prensa, assim como as máquinas rotativas, como o SLIP ROLL FORMER. A conformação de chapas de metal demanda uma variedade de ferramentas e equipamentos, tanto motorizados como manuais, como o PICCOLO FORMER, ferramentas para alongamento e encolhimento, FORM BLOCKS, assim como martelos e marretas especiais. [Figura 4-55]



Sempre que possível são utilizadas chapas temperadas para as operações de conformação nos reparos. A conformação que é realizada em temperados, normalmente em temperatura ambiente, é conhecida como conformação a frio. A conformação a frio elimina o tratamento térmico e as operações de alisamento e controle necessárias para a remoção de deformações e torções causadas pelo processo de tratamento térmico. Chapas de metal conformadas a frio passam por um fenômeno conhecido como SPRING BACK, que faz com que a peça trabalhada SPRING BACK levemente quando a força de deformação é retirada. Se o material mostra sinais de fratura durante a conformação a frio em pequenos raios, o material deve ser conformado na condição de recozido.

Recozimento, o processo de endurecimento do aço pelo gradual aquecimento e resfriamento do mesmo, remove a têmpera do metal, tornando-o mais macio e fácil de conformar. Partes de raio pequeno ou curvaturas compostas devem ser conformadas na condição recozida. Depois da conformação, a peça é tratada termicamente para uma condição de temperada antes do uso na aeronave.

A construção de partes estruturais e não estruturais intercambiáveis é realizada pela conformação de chapas de metal para fazer canais, ângulos, seções ZEE e HAT. Antes da chapa de metal ser conformada é feito um padrão plano para mostrar quanto material é necessário nas partes curvas, em qual ponto a chapa deve ser inserida na ferramenta de conformação, ou onde as linhas de dobra estão localizadas. A determinação das linhas e tolerâncias de dobra são discutidas, com muitos detalhes, na seção sobre LAYOUT e conformação.



Dobrador de Barras

O dobrador de barras é destinado a fazer dobras ao longo das bordas das chapas [Figura 4-56]. Esta máquina é mais apropriada para dobrar pequenas bainhas, flanges e bordas para serem amarradas com arames. A maioria dos dobradores de barras tem a capacidade para metais até o tamanho 22 em espessura e 42 polegadas de comprimento. Antes de usar o dobrador de barras devem ser feitos diversos ajustes com relação a espessura do material, largura da dobra, nitidez e ângulo da dobra. O ajuste para a espessura do material é feito ajustando-se os parafusos de cada lado do dobrador. Quando este ajuste é feito coloque um pedaço de metal da espessura desejada no dobrador e levante a alavanca de operação até que o rolo pequeno repouse sobre o ressalto. Segure a lâmina de dobra nesta posição e ajuste os parafusos até que o metal esteja preso, de forma segura e igual, em todo o comprimento da lâmina de dobra. Após o ajuste do dobrador, teste cada extremidade da máquina separadamente com um pequeno pedaço de metal, dobrando-o.

Existem dois batentes no dobrador, um para dobras de

45° e outro para dobras de 90°. Um colar é fornecido e pode ser ajustado em qualquer ângulo de dobra que esteja dentro da capacidade da máquina.

Para se formar ângulos de 45° e 90°, o batente correto é movido para a sede. Isso permite que o punho seja movido para frente, para o ângulo correto. Para se formar outros ângulos usa-se o colar ajustável. Este ajuste é feito soltando-se o parafuso e ajustando-se o batente no ângulo desejado. Após ajustar o batente aperte o parafuso e complete a dobra. Para fazer a dobra ajuste a máquina corretamente e insira o metal. O metal fica entre a lâmina de dobragem e o mordente da máquina. Segure o metal firmemente contra o batente e puxe o punho em direção ao corpo. Enquanto o punho é trazido para baixo o batente automaticamente se levanta e prende o metal até que a dobra seja feita. Quando o punho retorna para sua posição original o batente e a lâmina retornam para suas posições originais e liberam o material.

Viradeira

Uma viradeira é similar a um dobrador de barras porque também é usada para virar ou curvar as bordas de chapas de metal. A viradeira é mais útil que o dobrador de barras porque seu desenho permite que a chapa de metal seja dobrada ou conformada para passar através dos mordentes, da frente para trás, sem obstruções. [Figura 4-57] Em contraste, o dobrador de barras fazer uma dobra apenas na profundidade e largura dos seus mordentes. Assim, qualquer dobra feita em um dobrador de barras também pode ser feita em uma viradeira.



Para se fazer dobras simples com uma viradeira a chapa é colocada na BED com o SIGHT LINE (marca indicando a linha da dobra) diretamente abaixo da borda do CLAMPING BAR. A CLAMPING BAR é

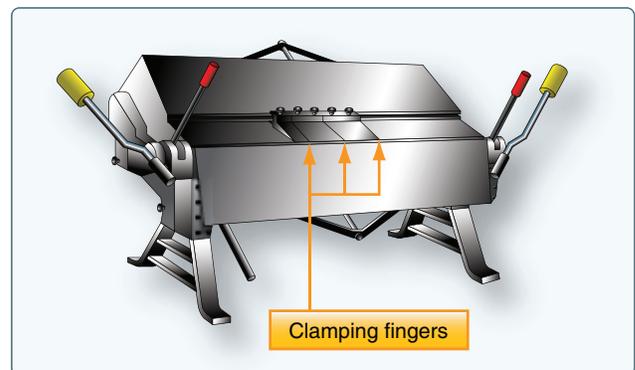
então baixada para segurar a chapa com firmeza no lugar. O STOP no lado direito do BRAKE é colocado no ângulo adequado ou quantidade de dobra e a BENDING LEAF é erguida até que atinja o STOP. Se outras dobras precisam ser feitas, a CLAMPING BAR é levantada e a chapa é movida para a direção correta para a dobra.

A capacidade de dobra de uma viradeira é determinada pelo fabricante. As capacidades padrão desta máquina vão do número 12 ao 22 e o comprimento de dobra de 3 a 12 pés. A capacidade de dobra da viradeira é determinada pela espessura da borda das várias barras da folha de dobragem.

A maioria dos metais tem a tendência de retornar para o seu formato original – uma característica conhecida como SPRING BACK. Se a viradeira está preparada para uma dobra de 90°, a dobra do metal provavelmente formará um ângulo de 87° ou 88°. Assim, para que se obtenha uma dobra de 90° é necessário ajustar a viradeira para um ângulo de aproximadamente 93°.

BOX AND PAN BRAKE (FINGER BRAKE)

Chama-se FINGER BRAKE porque é equipado com uma série de dedos de aço, de várias larguras, e não tem o mordente superior sólido como a viradeira. [Figura 4-58] O FINGER BRAKE pode ser usado para fazer tudo o que a viradeira faz, assim como outras coisas que ela não é capaz de fazer.]



O FINGER BRAKE é utilizado para conformar caixas, PANS, e outros objetos de formato similar. Se estes formatos fossem feitos em uma viradeira, uma parte da dobra de uma lado de uma caixa precisaria ser desfeito para se fazer a última dobra. Com um FINGER BRAKE simplesmente remova os DEDOS que estão no caminho e utilize apenas os necessários para a confecção da dobra. Os DEDOS estão presos

na folha superior por parafusos. Todos os DEDOS que não forem removidos para uma operação devem estar afixados, de forma segura, antes do BRAKE ser utilizado. O raio do nariz nos DEDOS de fixação são bastante pequenos e normalmente é necessário que calços de raio sejam feitos para o comprimento total da dobra.



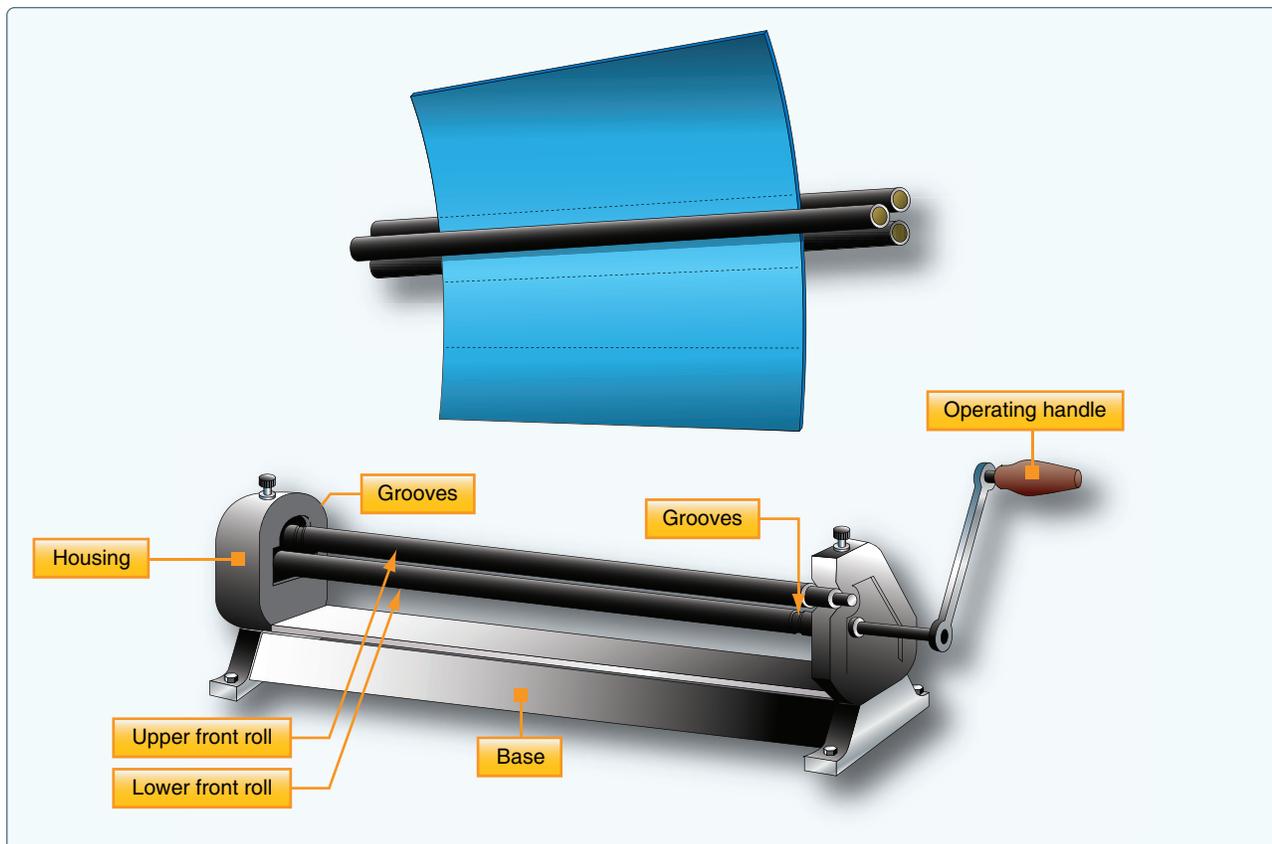
Prensa (PRESS BRAKE)

Como a maioria das viradeiras e FINGER BRAKES tem uma capacidade máxima de conformação de aproximadamente 0,090 polegada de alumínio recozido, 0,063 polegada de 7075T6 ou 0,063 polegada de aço

inoxidável, as operações que precisam da conformação de partes mais espessas ou complexas usam uma PRENSA. [Figura 4-59] A prensa é a máquina mais comum para a dobra de chapas de metal e aplica força através de componentes hidráulicos para modelar a chapa de metal entre o PUNCH AND DIE. Canais U estreitos (especialmente com LEGS longas) e longarinas de canal chapéu podem ser modelados em uma prensa pelo uso de GOOSENECK ou OFFSET DIES. URETHANE LOWER DIES especiais são úteis para a conformação de canais e longarinas. Prensas podem ser montadas com BACK STOPS (algumas são controladas por computadores) para produção de alto volume. As operações em prensas são normalmente feitas a mão e precisam de habilidade e conhecimento para que as operações sejam seguras.

Laminador

Com exceção da prensa, o laminador é provavelmente mais usado do que qualquer outra máquina na oficina. [Figura 4-60] Esta máquina é usada para modelar chapas em cilindros ou outras superfícies retas em curvas. Ele consiste de dois apoios, um a direita e outro a esquerda, com três rolos montados entre os apoios. Engrenagens, que são operadas por uma manivela ou



uma unidade de energia, conectadas a dois rolos de pega. Estes rolos podem ser ajustados a espessura do metal usando-se os dois parafusos de ajuste localizados na parte inferior das laterais. As duas máquinas conformadoras mais comuns são o laminador e o ROTARY FORMER. Disponíveis em diversos tamanhos e capacidades, estas máquinas tem versões manual ou movida a energia.

O laminador da Figura 4-60 é de operação manual e consiste de três rolos, dois apoios, uma base e uma manivela. A manivela gira os dois rolos da frente através do sistema de engrenagens que está localizado dentro dos apoios. Os rolos da frente servem como alimentadores, ou rolos de pega. O rolo de trás dá a curvatura ao trabalho. Quando o metal começa a ser trabalhado, os rolos pegam o metal e levam-no até o rolo de trás, que o curva. O raio desejado de curva é obtido pelo rolo traseiro. O raio de curva da peça pode ser verificado durante a operação com o uso de um medidor de raio. Os medidores podem ser feitos cortando-se um pedaço do material com o raio final desejado e comparando com o raio que está sendo feito pela operação de laminação. Com alguns materiais a operação de modelagem deve ser feita passando-se o material pelos rodos diversas vezes, com ajustes progressivos do rolo de modelagem. Na maioria das máquinas o rolo superior pode ser solto em uma extremidade, permitindo que a chapa modelada seja retirada da máquina sem distorções.

Os rolos da frente e de trás tem ranhuras para permitir a modelagem de objetos que tenha arame das bordas. O rolo superior pode ser solto para permitir a fácil remoção do metal após ter sido modelado. Quando se usar um laminador o rolo inferior anterior deve ser erguido ou abaixado antes de se inserir a chapa de metal. Se o metal tiver uma borda dobrada deve haver espaço o suficiente entre os rolos para que a borda não seja achatada. Se um metal que necessite de cuidados especiais estiver sendo modelado, como o alumínio, os rolos devem estar limpos e livres de imperfeições. O rolo traseiro deve ser ajustado para dar a curvatura apropriada na parte que está sendo modelada. Não existem medidores que indiquem os ajustes para um diâmetro específico. Desta forma, os ajustes devem ser feitos em tentativa e erro, até que a curvatura desejada seja obtida. O metal deve ser inserido entre os rolos, pela frente da máquina. Insira o metal entre os rolos girando a manivela na direção horária. Uma borda inicial é formada segurando-se a manivela firme-

mente com a mão direita e elevando-se o metal com a esquerda. A curva da borda inicial é determinada pelo diâmetro da peça que está sendo modelada. Se a borda da peça deve ser chata ou quase chata, não se deve fazer borda inicial.

Mantenha os dedos e roupas longe dos rolos antes de começar a operação de modelagem. Gire a manivela até que o metal esteja parcialmente nos rolos e troque a mão esquerda da borda da frente da chapa para a borda superior da mesma. Então role o restante da chapa para dentro da máquina. Se a curvatura desejada não for obtida retorne o metal para a posição inicial girando o manivela no sentido anti-horário. Levante ou baixe o rolo traseiro e passe o metal novamente pelos rolos. Repita este procedimento até que a curva desejada seja obtida, e então libere o rolo superior e remova o metal. Se a peça a ser modelada tiver um formato cônico, o rolo traseiro deve estar ajustado de forma que os rolos estejam mais próximos em uma extremidade do que em outra. A quantidade de ajuste deve ser determinada por experimentação. Se o trabalho que estiver sendo feito tiver a borda com arames a distância entre os rolos superior e inferior e a distância entre o rolo inferior dianteiro e o rolo traseiro devem ser levemente maiores na parte com arame do que no lado oposto. [Figura 4-61]

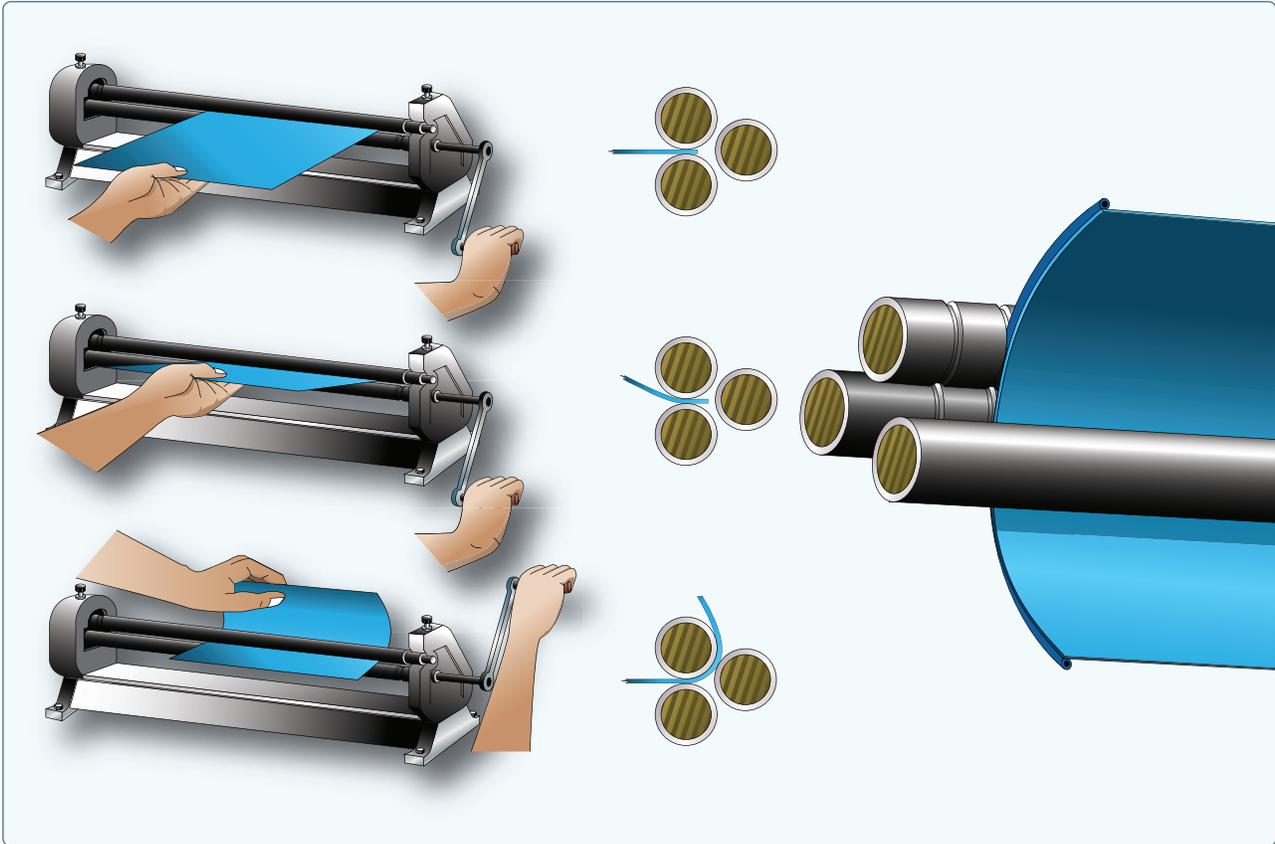
ROTARY MACHINE (MÁQUINA ROTATIVA)

A MÁQUINA ROTATIVA é usada em chapas planas e cilíndricas para modelar a borda ou para formar um BEAD ao longo da borda. [Figura 4-62] Diversos rolos podem ser instalados na máquina rotativa para realizar estas operações. A máquina rotativa trabalha melhor com materiais finos e recozidos.

STRETCH FORMING

No processo de STRECH FORMING a chapa de metal é modelada por alongamento sobre um bloco de modelagem para um pouco além do limite elástico, permanecendo assim com SPRING BACK mínimo. Para alongar o metal a chapa é fixa de forma bastante rígida, em duas bordas opostas, em dois tornos fixos. Então o metal é esticado movendo-se o RAM que leva o FORM BLOCK contra a chapa com a pressão do RAM fazendo com que o material se estique e envolva o contorno do FORM BLOCK.

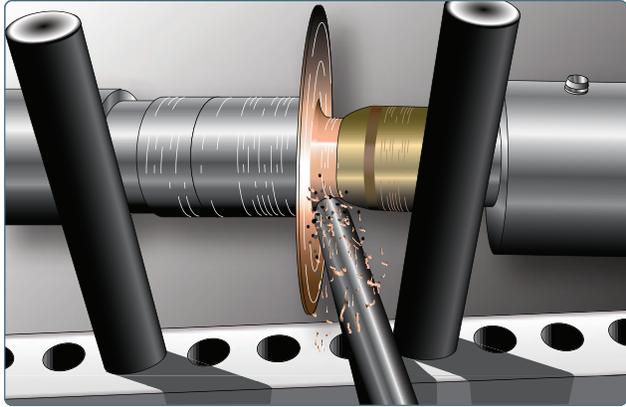
STRETCH FORMING é normalmente restrito a partes relativamente grandes, com grande raio de curvatura e pouca profundidade, como CONTOURED



SKIN. Peças uniformemente CONTOURED produzidas rapidamente dão a STRETCH FORMING uma vantagem sobre as partes HAND FORMED. Além disso a condição do material é mais uniforme do que a obtida com HAND FORMING.

Martelo de Queda

O processo de conformação com martelo de queda é feito através da deformação progressiva de chapas de metal em moldes pelos golpes repetidos de um martelo GRAVITY-DROP ou um martelo POWER-DROP. As configurações mais comumente moldadas pelo processo incluem partes com curvatura dupla sem profundidades e suaves, partes SHALLOW-BEADED, e partes com recessos comparativamente profundos. Pequenas quantidades de partes CUP-SHAPED e BOX-SHAPED, seções curvas, e partes CONTOURED FLANGED também são formadas. A conformação por martelo de queda não é um processo de conformação preciso e não pode fornecer tolerâncias tão próximas quanto 0,03 polegada a 0,06 polegada. Contudo, o processo é frequentemente usado para partes de chapas de metal, tais como componentes de aeronaves, que passam por mudanças frequentes de desenho, ou para as quais exista uma expectativa de curto prazo.



de rotação e pressão. Por exemplo, um pedaço plano e circular de metal, como um disco de alumínio, é montado em um torno mecânico em conjunção com um FORM BLOCK (normalmente feito de madeira de lei). Quando o mecânico de aeronaves girar o disco e o FORM BLOCK juntos, em alta velocidade, o disco é moldado no FORM BLOCK pela aplicação da pressão com um SPINNING STICK ou ferramenta. É uma alternativa econômica a estampagem, fundição e muitos outros processos de conformação de metais. SPINNERS de hélices são, algumas vezes, fabricados com essa técnica.

Conformação com Prensa Hidráulica

A prensa hidráulica com amortecedor de borracha pode ser utilizada para conformar muitos tipos de partes de alumínio e suas ligas com relativa facilidade. PHENOLIC, MASONITE, KIRKSITE e alguns tipos de HARD SETTING de moldagem de plástico tem tido sucesso como FORM BLOCKS para prensar chapas de metal, tais como nervuras, longarinas de asas, ventoinhas, etc. Para a realização de uma operação de conformação com prensa:

1. Corte uma chapa de metal no tamanho desejado e remova a rebarba das bordas.
2. Coloque o FORM BLOCK (normalmente macho) na mesa da prensa.
3. Coloque a chapa de metal preparada (com pinos de fixação para evitar que o chapa saia do lugar quando a pressão for aplicada).
4. Baixe ou feche o RUBBER PAD-FILLED PRESS HEAD sobre o FORM BLOCK e o RUBBER ENVELOPE.
5. O FORM BLOCK força a conformação da chapa.

A conformação por prensa hidráulica é normalmente limitada a partes relativamente planas com FLANGES, BEADS e furos para redução de peso. Contudo alguns tipos de partes com raio grande podem ser conformadas por uma combinação de conformação manual e operações de prensa.

SPIN FORMING

Em SPIN FORMING uma disco plano de metal é girado em alta velocidade para modelar uma parte oca, sem emenda, usando a combinação das forças

Sabão de alumínio, sebo, ou sabão comum podem ser usados como lubrificantes. Os materiais que melhor se adaptam ao SPINNING são as ligas macias de alumínio, mas outras ligas podem ser usadas se o formato que se busca conformar não forma excessivamente profundo ou se o SPINNING for feito em etapas utilizando-se recozimento intermediários para remover os efeitos do encruamento resultante da operação de SPINNING. A modelagem a quente é usada em alguns casos quando se está SPINNING ligas mais espessas e duras.

Conformando Com Uma Roda Inglesa

A roda inglesa, um tipo popular de ferramenta de con-





formação de metal que é usado para se fazer curvas duplas nos metais, tem duas rodas de aço entre as quais o metal é conformado. [Figura 4-64] Lembre-se que a roda inglesa é, a princípio, uma máquina para alongamento, e que ela estica e afina o metal antes de conformá-lo no formato desejado. Desta forma o operador deve ser cuidadoso para não esticar demais o metal.

Para usar a roda inglesa coloque um pedaço da chapa de metal entre as rodas (uma acima e outra abaixo do metal). Então, gire as rodas uma contra a outra, com uma pressão pré-ajustada. Aço e alumínio podem ser conformados movimentando-se o metal para frente e para trás nas rodas. Não é necessária muita pressão para se modelar o metal, que é esticado ou elevado no formato desejado. Monitore a curvatura com consultas constantes ao gabarito.

A roda inglesa é usada para conformar coroas baixas ou grandes painéis, e para polir ou desempenar (para alisar a superfície do metal por rolamento ou martelamento) partes que tenha sido conformadas com POWER HAMMERS ou com martelo e SHOT BAG.

PICCOLO FORMER

O PICCOLO FORMER é usado para conformação a frio, laminação de chapas de metal e outras seções de perfil (extrusões). [Figura 4-65]. A posição do aríete tem altura ajustável, tanto por um volante como por um pedal que permite o controle da pressão de trabalho. Certifique-se de utilizar o anel de ajuste, localizado na cabeça da máquina, para controlar a pressão máxima de trabalho. As ferramentas de conformação estão localizadas no aríete móvel e no suporte de ferramentas inferior. Dependendo da variedade de ferramentas de conformação inclusas o operador pode realizar procedimentos como conformar bordas, dobrar perfis, remover rugas, detectar encolhimentos para remover saliências e endentações, ou expandir a chapa



de metal. As ferramentas estão disponíveis com face em fibra de vidro (para não estragar a superfície) ou aço (para trabalhar com materiais mais duros) e são do tipo troca rápida.

Ferramentas Para Encolhimento e Alongamento

Ferramentas Para Encolhimento

Moldes para encolhimento normalmente CLAMP DOWN no metal e então SHIFT INWARD [Figura 4-66] Isso comprime o material entre os moldes, o que na verdade aumenta um pouco a espessura do metal. O encruamento acontece durante este processo, então é melhor estabelecer a pressão de trabalho alta o suficiente para completar o formato de forma bem rápida (oito passos poderiam ser considerados demais).

CUIDADO: evite golpear um molde no raio quando estiver conformando um flange curvo. Isto danifica o metal no raio e diminui o ângulo da dobra.

Ferramentas de Alongamento

Moldes de alongamento repetidamente CLAMP DOWN na superfície e então SHIFT OUTWARD. Isto estica o metal entre os moldes, o que diminui a espessura da área esticada. Golpear no mesmo ponto muitas vezes enfraquece e até mesmo racha a peça. É vantajoso remover a rebarba ou até mesmo polir as bordas do flange que devem passar por um alongamento moderado para evitar a formação de rachaduras. A conformação de flanges com furos existentes faz com que os furos se distorçam e possivelmente rachem ou enfraqueçam substancialmente o flange.

Encolhedor de Metal Operado Por Pedal

O encolhedor de metal operado por pedal funciona de forma muito parecida com o PICCOLO FORMER, embora tenha apenas duas funções: encolhimento e alongamento. Os únicos moldes disponíveis tem face

de aço e assim tendem a machucar a superfície do metal. Quando utilizado com alumínio é necessário que as irregularidades da superfície sejam suavizadas (primeiramente no revestimento), então tratados e pintados.

É uma máquina acionada por pedal, e quanto mais força for aplicada, mais tensão se concentra em um único ponto. Ela tem um melhor rendimento com uma série de pequenas esticadas (ou encolhidas) do que com poucas e intensas. Apertar os moldes no raio danifica o metal e achata algumas dobras. Pode ser útil bater com um pedaço de plástico grosso ou MICARTA na perna oposta para calçar o raio do ângulo longa da área de fixação dos moldes.

NOTA: observe a mudança de formato da peça enquanto lentamente aplica pressão. Diversas esticadas pequenas funcionam melhor do que uma grande. Se muita força for aplicada o metal tem a tendência de deformar.

Alongador e Encolhedor de Operação Manual

O alongado e encolhedor de operação manual é parecido com o de operação por pedal, com a diferença que uma alavanca é usada para que a força seja aplicada. Todos os moldes são de metal e deixam marcas no alumínio que precisam ser suavizadas após as operações de encolher ou esticar. [Figura 4-67]



DOLLIES e STAKES

As chapas de metal são frequentemente conformadas ou acabadas (desempenadas) sobre bigornas, disponíveis em diversas formas e tamanhos, chamadas de DOLLIES e STAKES. São usados para conformar peças pequenas, de forma estranha, ou para fazer o acabamento final que as grandes máquinas não tem capacidade de realizar. Os DOLLIES são feitos para

se segurados, enquanto que os STAKES devem ser apoiados por uma placa plana de ferro fundido presa na bancada de trabalho. [Figura 4-68]



A maioria dos STAKES tem superfícies usinadas e polidas, que foram endurecidas. Os STAKES são utilizados com material de apoio quando se está es-carificando ou usando ferramentas de corte similares, para não danificar sua superfície e torná-lo inútil para o trabalho de acabamento.

FORM BLOCKS de Madeira de Lei

FORM BLOCKS de madeira de lei podem ser construídos para duplicar qualquer peça estrutural ou não estrutural da aeronave. O bloco de madeira é modelado na dimensão e contorno exatos da partes que será conformada.

Blocos V

Os blocos V são feitos de madeira de lei e amplamente utilizados na metalurgia da fuselagem para o encolhimento e alongamento do metal, principalmente em ângulos e flanges. O tamanho do bloco depende do trabalho a ser feito e da preferência pessoal. Embora qualquer tipo de madeira de lei seja adequada, bordo e ASH são recomendados para melhores resultados quando se trabalha com ligas de alumínio.

Blocos de Encolhimento

Um bloco de encolhimento consiste em dois blocos de metal e algum dispositivo para uni-los. Um bloco forma a base e o outro é cortado para dar espaço onde o material frisado pode ser martelado. As pernas do JAW superior prendem o material em cada lado do bloco base, de cada lado do friso, para evitar que se desloque, e que permaneça estático enquanto o friso é martelado (encolhido). Este tipo de bloco de cravação é projetado para ser mantido em uma bigorna de bancada.

Blocos de encolhimento podem ser feitos para se encaixar em qualquer necessidade específica. A forma básica e o princípio permanecem o mesmo, embora os blocos possam variar consideravelmente em tamanho e formato.

Sacos de Areia

Os sacos de areia são geralmente usados como suporte durante o martelamento de uma peça. Este saco pode ser feito costurando-se uma lona grossa ou couro macio para formar um saco do tamanho desejado, e enchendo-o de areia peneirada.

Antes de encher o saco de lona com areia use uma escova para cobrir o interior do saco com parafina ou cera de abelha, formando assim uma camada selante que evitará que a areia saia pelos poros da lona.

Martelos e Marretas para Chapas de Metal

O martelo e marreta para chapas de metal são ferramentas manuais usadas para dobrar e conformar chapas de metal sem machucar ou endentar o metal. A cabeça do martelo é normalmente feita de aço termicamente tratado, de alto carbono, enquanto que a cabeça da marreta, que normalmente é maior que a do martelo, é feita de borracha, plástico, madeira ou couro. Em combinação com o saco de areia, os blocos V e os moldes, os martelos e marretas para chapas de metal são utilizados para conformar metal recozido. [Figura 4-69]

Dispositivos Para Segurar as Chapas de Metal

Para se trabalhar com as chapas de metal durante o processo de fabricação o técnico em manutenção de aeronaves utiliza diversos dispositivos para segurá-las, como braçadeiras, morsas e prendedores. O tipo da operação que está sendo realizada e o tipo de metal utilizado determinam qual tipo de dispositivo é necessário.



Braçadeiras e Morsas

Braçadeiras e morsas prendem os materiais no lugar quando não é possível manusear a ferramenta e a peça a ser trabalhada ao mesmo tempo. Uma braçadeira é um dispositivo de fixação com JAWS móveis e com partes ajustáveis. É um dispositivo de fixação essencial, que mantém os objetos bem unidos evitando qualquer movimento ou separação. As braçadeiras podem ser temporárias ou permanentes. Braçadeiras temporárias, tais como o C-CLAMP (sargento ??) é usado para posicionar componentes enquanto os fixa.

C-CLAMPS

Um C-CLAMP tem o formato da letra C e três partes principais: um parafuso rosqueado, uma mandíbula e uma cabeça giratória. [Figura 4-70] A extremidade plana no final do parafuso evita que o mesmo gire diretamente contra o material que está sendo fixado. O sargento é medido pela dimensão do objeto mais largo que a sua estrutura pode acomodar, com o parafuso completamente aberto. A distância da linha de centro do parafuso para a borda interna da estrutura ou a profundidade da garganta também é uma consideração importante quando se usa uma braçadeira. Os sargentos variam em tamanho de duas polegadas para mais. Como os sargentos podem deixar marcas no alumínio, proteja a cobertura da aeronave com uma fita adesiva nos lugares onde o sargento será utilizado.

Morsas

As morsas são outro dispositivo de fixação que mantém as peças no lugar e permite que o trabalho seja feito com ferramentas como serras e furadeiras. A morsa consiste de duas JAWS fixas ou ajustáveis que são abertas ou fechadas por um parafuso ou alavanca. O tamanho da morsa pode tanto ser medido pela lar-



gura dos JAWS e pela capacidade da morsa quando os JAWS estão completamente abertos. As morsas também dependem de um parafuso para aplicar a pressão, mas os seus JAWS texturados também aumentam a sua habilidade de pega além daquela da braçadeira.

Duas das morsas mais utilizadas são a morsa paralela e a morsa de utilidade.[Figura 4-71] A morsa paralela tem mandíbulas planas e normalmente uma base giratória, enquanto que a morsa de utilidade tem mandíbulas cortadas e removíveis e a mandíbula traseira com cara de bigorna. Esta morsa prende materiais mais pesados do que a morsa paralela, e também segura canos e hastes com firmeza. A mandíbula traseira pode ser usada como uma bigorna, caso o trabalho que estiver sendo feito for leve. Para evitar marcar o metal com as mandíbulas da morsa coloque algum tipo de acolchoamento, como borracha.

Prendedores de Chapas de Metal Reutilizáveis

Prendedores de chapas de metal reutilizáveis seguram partes de chapas de metal temporariamente, para que sejam furados ou rebitados. Se as chapas de metal não forem presas firmemente elas se separam enquanto estão sendo rebitadas ou furadas. O prendedor Cleco (também se escreve Cleko) é o prendedor de metais mais utilizado. [Figura 4-72]

Prendedores Cleco

O prendedor Cleco consiste em um corpo cilíndrico de aço com um percutor na parte superior, uma mola, um par de STEP CUT LOCKS e uma SPREADER BAR. Estes prendedores vêm em 6 tamanhos diferentes: 3/32, 1/8, 5/32, 3/16 e 3/8 polegada de diâmetro, com o tamanho estampado no prendedor. Um código de cores permite um reconhecimento rápido dos tamanhos. Um tipo especial de alicate se encaixa



nos seis tamanhos. Quando instalado corretamente o prendedor Cleco reutilizável mantém os furos, de chapas diferentes, alinhados.

Prendedores de Chapa Temporários Porca Hexagonal e porca borboleta

Estes prendedores são usados para prender, temporariamente, chapas de metal, em situações onde se precisa de um maior fixação e pressão. [Figura 4-73]. Eles proporcionam até 300 libras de força de fixação, com a vantagem de ter rápida instalação e remoção com um HEX NUT RUNNER. Os prendedores de

chapa porca borboleta não apenas proporcionam um força de fixação consistente, de 0 a 300 libras, mas também podem ser rapidamente apertados ou soltos manualmente. Os prendedores porca hexagonal Cleco são idênticos as porcas borboleta Cleco, mas as porcas hexagonais Cleco podem ser utilizadas com instaladores pneumáticos Cleco.



Ligas de Alumínio

As placas de liga de alumínio são as mais frequentemente utilizadas no reparo de aeronaves. AC 43.13.1 Capítulo 4, Estruturas de Metal, Soldagem e BRAZING: Identificação dos Metais (conforme revisado) proporciona uma discussão em profundidade de todos os tipos de metal. Esta seção descreve as ligas de alumínio utilizadas nos processos de conformação discutidos no restante do capítulo.

Em seu estado puro o alumínio é extremamente leve, lustroso e resistente a corrosão. A condutividade térmica do alumínio é muito alta. Ele é dútil, maleável e não magnético. Quando combinado com várias percentagens de outros metais (geralmente cobre, manganês e magnésio) são formadas as ligas de alumínio utilizadas na construção de aeronaves. As ligas de alumínio são leves e resistentes. Elas não possuem a mesma resistência a corrosão do alumínio puro e normalmente recebem tratamento para prevenir a deterioração. O alumínio Alclad™ é uma liga de alumínio com um revestimento protetor de alumínio para melhorar sua resistência a corrosão.

Para se fornecer um meio de identificar visualmente as várias graduações de alumínio e suas ligas, as peças de alumínio são normalmente marcadas com símbolos como os do Government Specification Number, a têmpera ou condição fornecida, ou a marcação de código comercial. Placas e chapas são normalmente marcadas com numeração específica ou códigos em

fileiras de aproximadamente cinco polegadas de distância uma da outra. Tubos, barras, hastes e formas extrudadas são marcados com uma especificação numérica ou marcações em código em intervalos de três a cinco pés, ao longo do comprimento da peça.

O código de marcação comercial consiste de um número que identifica a composição da liga. Além disso, sufixos designam as designações de têmpera básica e subdivisões das ligas de alumínio.

O alumínio e as várias ligas de alumínio utilizadas no reparo e construção de aeronaves são as seguintes:

- Alumínio designado pelo símbolo 1100 é usado onde a resistência não é um fator importante, mas onde se deseja economia de peso e resistência a corrosão. Este alumínio é usado em tanques de combustível, carenagens e tanques de óleo. Também é usado para reparar pontas de asas e tanques. Este material é soldável.
- A liga 3003 é similar a 1100 e geralmente utilizada para os mesmos propósitos. Contém uma pequena percentagem de magnésio e é mais forte e dura do que o alumínio 1100.
- A liga 2014 é usado para forjados pesados, placas, extrudados para acabamentos de aeronaves, rodas e principais componentes estruturais. Esta liga é frequentemente utilizada para aplicações que exigem bastante resistência e dureza, assim como para serviços em temperaturas elevadas.
- A liga 2027 é usada para rebites. Este material tem, hoje, uso limitado.
- A liga 2024, com ou sem revestimento Alclad™, é usada para estruturas de aeronaves, rebites, ferragens, MACHINE SCREW PRODUCTS, e outras aplicações estruturais diversas. Além disso esta liga é comumente utilizada para partes termicamente tratadas, aerofólios e revestimentos de fuselagens, extrudados e acabamentos.
- A liga 2025 é usada extensivamente para lâminas de hélices.
- A liga 2219 é usada para tanque de combustível, revestimento de aeronaves e componen-

tes estruturais. Este material tem alta resistência a fratura e facilmente soldável. A liga 2219 é também altamente resistente a corrosão sob tensão.

- A liga 5052 é usada onde se deseja uma boa capacidade de trabalho, muito boa resistência a corrosão, alta resistência a fadiga, soldabilidade e moderada resistência estática. Esta liga é usada para linhas de combustível, hidráulicas e de óleo.
- A liga 5056 é usada para a confecção de rebites e chapas de cabos e em aplicações onde o alumínio entra em contato com ligas de magnésio. A liga 5056 é normalmente resistente as formas de corrosão mais comuns.
- As ligas de alumínio fundido são usadas para cabeças de cilindros, cárteres, injetores de combustível, carburadores e trens de pouso.
- Várias ligas de alumínio, incluindo 3003, 5052 e 1100, são endurecidas pelo trabalho a frio ao invés de tratamento térmico. Outras ligas, incluindo 2017 e 2024, são endurecidas pelo tratamento térmico, trabalho a frio, ou a combinação dos dois. Várias ligas fundidas são endurecidas por tratamento térmico.
- A liga 6061 é geralmente soldável por todos os procedimentos e métodos comerciais. Ela também mantém a dureza aceitável em muitas aplicações criogênicas. A liga 6061 é facilmente extrudada e comumente usada para tubulação hidráulica e pneumática.
- Embora mais resistente que o 2024, a liga 7075 é menos resistente a fratura e geralmente utilizada em aplicações de tensão onde a fadiga não é crítica. A têmpera T6 do 7075 deve ser evitada em ambientes corrosivos. Contudo, a têmpera T7351 do 7075 tem excelente resistência a corrosão sob tensão e melhor resistência a fratura do que a têmpera T6. A têmpera T76 é frequentemente usada para melhorar a resistência do 7075 á corrosão a esfoliação.

Prendedores Estruturais

Prendedores estruturais, utilizados para prender de forma segura chapas de metal, têm centenas de formatos e tamanhos, sendo muitos deles especiais e es-

pecíficos para determinadas aeronaves. Como alguns prendedores estruturais são comuns para todas aeronaves, esta seção se foca nos mais frequentemente utilizados. Para os propósitos desta discussão os prendedores são divididos em dois grupos principais: SOLID SHANK RIVETS e prendedores para propósitos especiais, que incluem rebites cegos.

SOLID SHANK RIVETS

O SOLID SHANK RIVET é o rebite mais comum utilizado na construção de aeronaves. Utilizado para unir estruturas de aeronaves os SOLID SHANK RIVETS são um dos tipos mais antigos e confiáveis de prendedores. Amplamente utilizados na indústria de manutenção de aeronaves, são geralmente de baixo custo e de instalação permanente. São mais rápidos de se instalar do que parafusos e porcas por se adaptarem bem em ferramentas de instalação automática. Os rebites não devem ser utilizados em materiais espessos, ou em aplicações de tração, tendo em vista que a resistência a tração é bastante baixa em relação a sua resistência ao cisalhamento. Quando maior o TOTAL GRIP LENGHT (a espessura total das chapas quando unidas), mais difícil é fechar o rebite.

Juntas rebitadas não são nem herméticas nem estanques, a não ser que selantes especiais sejam utilizados. Como os rebites são de instalação permanente, sua remoção é bastante trabalhosa.

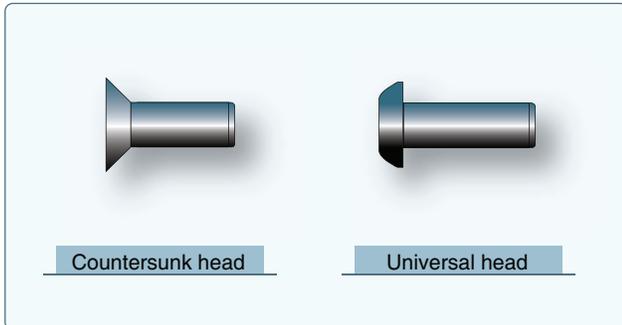
Descrição

Antes da instalação o rebite consiste de uma haste cilíndrica lisa com uma cabeça em uma das extremidades. A extremidade oposta é chamada de BUCKTAIL. Para segurar duas ou mais chapas de metal juntas o rebite é colocado em um furo um pouquinho maior que o rebite. Após o rebite estar inserido neste furo o BUCKTAIL é deformado por qualquer um dos diversos métodos utilizados: desde martelos manuais até ferramentas pneumáticas. Esta ação fará com que o rebite se expanda aproximadamente uma vez e meia o seu diâmetro original da haste, formando uma segunda cabeça que prenderá firmemente o material.

Formato da Cabeça do Rebite

SOLID RIVETS tem diversos formatos de cabeça, mas a universal e o de cabeça 100% escareada são os mais utilizados nas estruturas de aeronaves. Os rebites de cabeça universal foram desenvolvidos especificamente para a indústria de aeronaves e projetados como substitutos tanto para os rebites de cabeça redonda como os de cabeça BRAZIER. Estes rebites substituíram todos os rebites de cabeça saliente e são

usados principalmente onde a cabeça saliente não tem significância aerodinâmica. A cabeça destes rebites é plana e o seu diâmetro é duas vezes o diâmetro da haste, e a altura da cabeça é aproximadamente 42,5% o diâmetro da haste. [Figura 4-74]

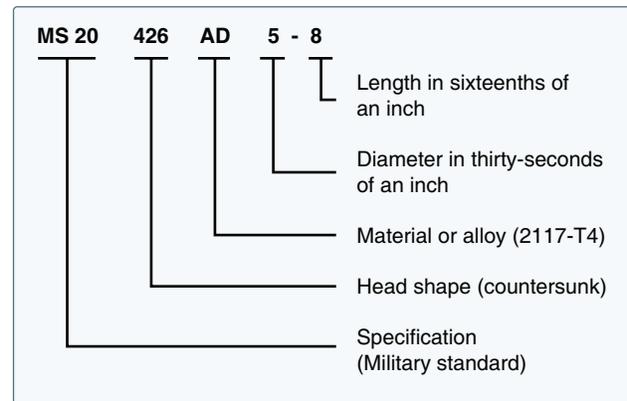


O ângulo da cabeça do rebite de cabeça escareada pode variar de 60° a 120°, mas o de 100° foi adotado como padrão porque o seu estilo de cabeça oferece a melhor relação possível entre resistência de tensão/cisalhamento e FLUSHNESS. Este rebite é utilizado onde se necessita de FLUSHNESS porque o rebite tem a parte superior lisa e é rebaixado para permitir que a cabeça se encaixe no furo escareado. A intenção principal de uso do rebite escareado é em locais onde a suavidade aerodinâmica é crítica, como por exemplo a superfície externa de uma aeronave de alta velocidade.

Os rebites são normalmente fabricados em ligas de alumínio, tais como a 2017-T4, 2024-T4, 2117-T4, 7050 e 5056. As ligas baseadas em titânio e níquel, como a Monel® (aço resistente a corrosão), aço macio ou ferro, e rebites de cobre também são usados em alguns casos.

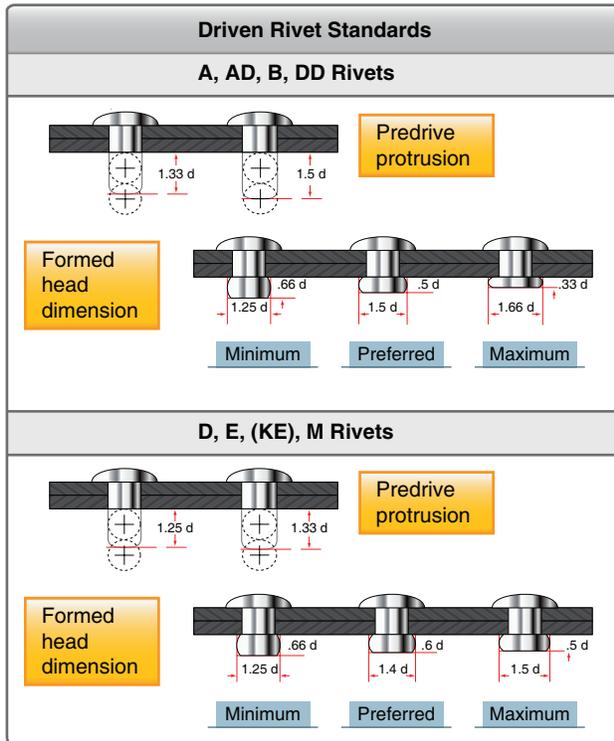
Os rebites estão disponíveis em uma ampla variedade de ligas, formatos de cabeça e tamanhos e tem uma ampla variedade de usos na estrutura de aeronaves. Os rebites que são satisfatórios para uma parte da aeronave podem não ser pra outra. Por isso é importante que o mecânico de manutenção conheça a resistência e as propriedades de condução dos diversos tipos de rebites e como identificá-los, assim como instalá-los. Os SOLID RIVETS são classificados pelo formato de suas cabeças, pelo material de que são feitos, e pelo tamanho. Os códigos de identificação utilizados são derivados de uma combinação dos sistemas Military Standard (MS) e National Aerospace Standard (NAS), bem como de uma antigo sistema de classificação co-

nhecido como AN (Army/Navy). Por exemplo, o prefixo MS identifica HARDWARE que está de acordo com os padrões militares. A letra ou letras que vem após o código do formato da cabeça identificam o material ou liga do qual o rebite é feito. O código da liga é seguido por dois números separados por um traço. O primeiro número é o numerador de uma fração, que especifica o diâmetro da haste em trinta segundo de polegada. O segundo número é o numerador de uma fração em dezesseis avos de polegada e identifica o comprimento do rebite. Os formatos das cabeças de rebite e seus códigos numéricos de identificação são mostrados na Figura 4-75.



O rebite de reparo mais utilizado é o rebite AD porque ele pode ser instalado na condição em que é recebido. Alguns rebites de liga, como os rebites DD (liga 2024-T4), são duros demais para serem instalados na condição em que são recebidos, e devem ser recozidos antes da instalação. Estes rebites são normalmente recozidos e mantidos no freezer para retardar o endurecimento, o que fez com que ganhassem o apelido de “rebites de geladeira”. Eles são removidos do freezer apenas na hora da instalação. A maioria dos rebites DD foi substituída pelos rebites do tipo E, que podem ser instalados da forma em que são recebidos.

O tipo de cabeça, tamanho e resistência necessária de um rebite são determinados por fatores como o tipo de forças presentes no ponto rebitado, o tipo e espessura do material a ser rebitado, e a localização da peça na aeronave. O tipo de cabeça necessária para um determinado trabalho é determinado pelo local onde será instalado. Rebites de cabeça escareada devem ser utilizados onde se necessita de uma superfície aerodinâmica lisa. Os rebites de cabeça universal podem ser utilizados na maioria das outras áreas.



O tamanho (diâmetro) da haste do rebite selecionado deve corresponder a espessura do material que será rebitado. Se um rebite muito grande for utilizado em um material fino, a força necessária para a correta instalação do rebite formará um abaulamento indesejado ao redor da cabeça do rebite. Por outro lado, se um rebite de diâmetro muito pequeno for selecionado para um material espesso, a resistência de cisalhamento do rebite não será grande o suficiente para suportar a carga da junção. Como regra geral, o diâmetro do rebite deve ser, pelo menos, de duas vezes e meia a três vezes a espessura da chapa mais grossa. Os rebites mais comumente escolhidos na montagem e reparo de aeronaves variam de 3/32 polegada até 3/8 polegada de diâmetro. De forma comum rebites menores que 3/32 polegada de diâmetro nunca são utilizados em nenhuma parte estrutural que suporte tensão.

Rebites de tamanho adequado, para qualquer reparo, também podem ser determinado referindo-se aos rebites (utilizados por qualquer fabricante) na próxima fileira paralela interna da asa, ou para a frente da fuselagem. Outro método de se determinar o tamanho dos rebites a ser usados é multiplicar a espessura do revestimento por 3 e usar o próximo tamanho maior correspondente na figura. Por exemplo, se o revestimento tem espessura de 0,040 polegada, multiplique 0,040 polegada por 3 para chegar a 0,120 polegada e use o próximo tamanho maior de rebite, 1/8 polegada

Standard Rivet Alloy Code Markings	
<p>Alloy code—A Alloy—1100 or 3003 aluminum Head marking—None</p>  <p>Shear strength—10 KSI Nonstructural uses only</p>	<p>Alloy code—B Alloy—5056 aluminum Head marking—raised cross</p>  <p>Shear strength—28 KSI</p>
<p>Alloy code—AD Alloy—2117 aluminum Head marking—Dimple</p>  <p>Shear strength—30 KSI</p>	<p>Alloy code—D Alloy—2017 aluminum Head marking—Raised dot</p>  <p>Shear strength—38 KSI 38 KSI When driven as received 34 KSI When re-heat treated</p>
<p>Alloy code—DD Alloy—2024 aluminum Head marking—Two bars (raised)</p>  <p>Shear strength—41 KSI Must be driven in "W" condition (Ice-Box)</p>	<p>Alloy code—E, [KE*] *Boeing code Alloy—2017 aluminum Head marking—Raised ring</p>  <p>Shear strength—43 KSI Replacement for DD rivet to be driven in "T" condition</p>
<p>Alloy code—E Alloy—7050 aluminum Head marking—raised circle</p>  <p>Shear strength—54 KSI</p>	

(0,125 polegada).

Quando os rebites precisam atravessar totalmente membros tubulares selecione o diâmetro do rebite equivalente a, pelo menos, 1/8 de diâmetro externo do tubo. Se um tubo se encaixa sobre o outro pegue o diâmetro externo do tubo que fica por fora e use um oitavo da distância como diâmetro mínimo do rebite. Uma boa prática é calcular o diâmetro mínimo do rebite e então usar um imediatamente maior.

Sempre que possível selecione rebites do mesmo número de liga do material que está sendo rebitado. Por exemplo, use rebites 1100 e 3003 em partes fabricadas com as ligas 1100 e 3003, e rebites 2117-1 e 2017-T em partes fabricadas com as ligas 2117-1 e 2024.

O tamanho da cabeça formada é o padrão visual de uma instalação de rebite adequada. Os tamanhos mínimo e máximo, assim como o tamanho ideal, são mostrados na Figura 4-76.

Instalação de Rebites

Layout do Reparo

O layout do reparo envolve determinar o número de rebites necessários, o tamanho adequado e o estilo dos rebites a serem usados, seu material, condição de temperatura e resistência, o tamanho dos furos, a distância entre os furos e a distância entre os furos e as bordas do reparo. As distâncias são medidas em termo do diâmetro do rebite.

Comprimento do Rebite

Para se determinar o comprimento total do rebite que será instalado precisamos saber qual a espessura combinada dos materiais que serão unidos. Esta medida é conhecida como distância de pega. O comprimento total do rebite é igual a distância de pega mais a quantidade de haste de rebite necessária para formar a cabeça de oficina adequada. O último é igual a uma vez e meia o diâmetro da haste do rebite. Onde A é o comprimento total do rebite, B é a distância de pega, e C é o comprimento de material necessário para formar a cabeça de oficina, esta fórmula pode ser representada como $A = B + C$. [Figura 4-76]

Resistência do Rebite

Para aplicações estruturais a resistências dos rebites de substituição é de importância principal. [Figura 4-77] Rebites feitos de materiais que tem resistência mais baixa não devem ser utilizados para substituição, a não ser que o déficit seja resolvido usando-se o pró-

ximo tamanho maior. Por exemplo, um rebite de liga de alumínio 2024-T4 não deve ser substituído por um 2117-T4 ou 2017-T4 de liga de alumínio a não se que se use o próximo tamanho maior.

O rebite 2117-T é usado para reparos gerais, desde que não seja necessário tratamento térmico, é bastante macio e resistente, e altamente resistente a corrosão quando utilizado com a maioria dos tipos de ligas. Sempre consulte o manual de manutenção para uma escolha correta do rebite com relação ao material. O tipo de cabeça de rebite a ser selecionada para um determinado trabalho de reparo pode ser determinado referindo-se ao tipo usado na área pelo fabricante. A regra geral a seguir em uma aeronave FLUSH-RIVETED é aplicar rebites de face na superfície superior da asa e estabilizadores, na LOWER LEADING EDGE BACK TO THE SPAR, e na parte de trás da fuselagem até o ponto mais alto da asa. Use rebites de cabeça universal em todas as outras áreas da superfície. Sempre que possível selecione rebites de mesmo número de liga do material que está sendo rebitado.

Tensão Aplicada nos Rebites

Cisalhamento é uma das tensões aplicada nos rebites. A resistência de cisalhamento é a quantidade de força necessária para cortar um rebite que prende duas ou mais chapas. Se o rebite prende duas chapas está sob um único cisalhamento, se ele prende três chapas ou partes, está sob cisalhamento duplo. Para determinar a resistência ao cisalhamento o diâmetro do rebite a ser usado deve ser encontrado multiplicando-se a espessura do material por 3. Por exemplo, a espessura de um material é de 0,040 polegada multiplicado por 3 é igual a 0,120 polegada. Neste caso, o diâmetro do rebite selecionado seria de 1/8 (0,125) polegada.

A tração é outra tensão aplicada aos rebites. A resistência a tração é chamada de capacidade de carga e é a quantidade de tração necessária para puxar um rebite através da borda de duas chapas rebitadas juntas ou para alongar um furo.

Espaçamento de Rebites

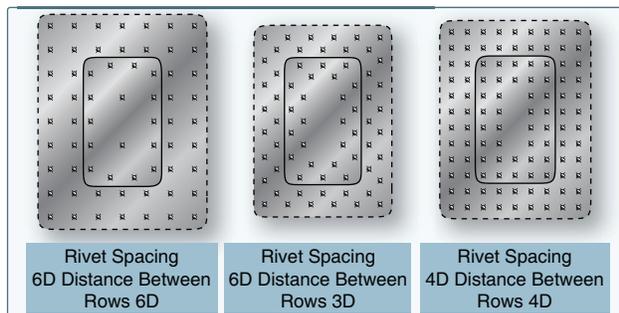
O espaçamento dos rebites é medido entre as linhas de centro dos rebites na mesma fileira. O espaçamento mínimo entre os rebites de cabeça saliente não deve ser menor que 3,5 vezes o diâmetro do rebite. O espaçamento mínimo entre os rebites de cabeça escareada não deve ser menor que 4 vezes o diâmetro do rebite. Estas dimensões podem ser usadas como um espaçamento mínimo, exceto quando especificado de forma

diferente, em algum procedimento específico de reparo, ou quando substituindo rebites existentes.

Na maioria dos reparos a prática geral é usar o mesmo espaçamento de rebite e distância da borda (distância do centro do furo até a borda do material) que o fabricante utilizou na área próxima do dano. O SRM para a aeronave também deve ser consultado. Além desta regra fundamental não existem um conjunto de normas específico que governa o espaçamento de rebite em todas as situações. Contudo, existem alguns requerimentos mínimos que devem ser observados.

- Sempre que possível a distância entre o rebite e a borda, o espaçamento do rebite, e a distância entre as fileiras devem ser as mesmas da instalação original.
- Quando novas seções são adicionadas, a distância da borda medida a partir do centro do rebite não deve ser menor do que 2 vezes o diâmetro da haste. A distância entre os rebites ou PITCH (PASSO) deve ser de pelo menos 3 vezes o diâmetro, e a distância entre as fileiras de rebites nunca deve ser menor que 2,5 vezes o diâmetro.

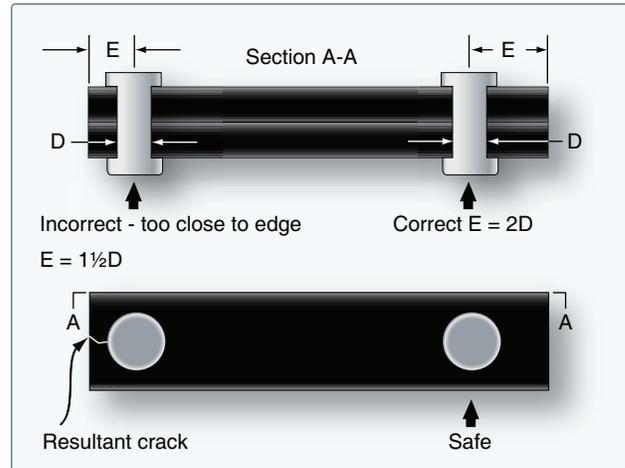
A Figura 4-78 ilustra os padrões aceitáveis de rebites para reparos.



Distância da Borda

A distância da borda, também chamada de margem da borda por alguns fabricantes, é a distância do centro do primeiro rebite até a borda da chapa. Ela não deve ser menor que 2 rebites de diâmetro, nem maior que 4, e a distância da borda recomendada é de aproximadamente 2,5 rebites de diâmetro. A distância da borda mínima para rebites universais é de 2 vezes o diâmetro do rebite; a borda mínima para rebites escareados é de 2,5 vezes o diâmetro do rebite. Se os rebites forem posicionados muito próximos da borda

da chapa ela pode rachar ou afastar-se dos rebites. Se o espaçamento for distante demais da borda a chapa pode se torcer nas bordas. [Figura 4-79]



Edge Distance/Edge Margin	Minimum Edge Distance	Preferred Edge Distance
Protruding head rivets	2 D	2 D + 1/16"
Countersunk rivets	2½ D	2½ D + 1/16"

É uma boa prática posicionar os rebites um pouco mais longe das bordas, assim os furos podem ser um pouco maiores sem violar a distância mínima da borda. Adicione 1/16 polegada na distância mínima para determinar a distância da borda usando o próximo tamanho de diâmetro do rebite.

Dois métodos para se obter a distância da borda:

- O diâmetro de um rebite de cabeça saliente é 3/32 polegada. Multiplique 3/32 polegada por 2 para obter o distância mínima da borda, que é 3/16 polegada, adicione 1/16 polegada para ter a distância ideal da borda de 1/4 polegada.
- O diâmetro da um rebite de cabeça saliente é 3/32 polegada. Selecione o próximo tamanho de rebite, que é 1/8 polegada. Calcule a distância da borda multiplicando por 2, para chegar a 1/4 polegada.

Passo do Rebite

O passo do rebite é a distância entre os centros dos rebites vizinhos na mesma fileira. O menor passo do rebite permissível é de 3 rebites de diâmetro. O passo do rebite médio varia, normalmente, de 4 a 6 rebites de diâmetro, embora em algumas situações o passo pode chegar a 10 rebites de diâmetro. O espaçamento

de rebites em partes que estão sujeitas a momentos de flexão é frequentemente mais próxima ao espaçamento mínimo para evitar deformações do revestimento entre os rebites. O passo mínimo também depende do número de fileiras de rebites. Layouts com uma e três fileiras tem passo mínimo de 3 rebites de diâmetro. Layouts com duas fileiras tem passo mínimo de 4 rebites de diâmetro. O passo para rebites escareados é maior do que para os rebites de cabeça universal. Se o espaçamento dos rebites for de pelo menos 1/16 polegada maior do que o mínimo, o furo do rebite pode ser maior sem violar a exigência do espaçamento mínimo entre rebites. [Figura 4-80]

Passo Transverso

O passo transverso é a distância perpendicular entre as fileiras de rebites. É de normalmente 75% do passo do rebite. O menor passo transverso permissível é de 2,5 rebites de diâmetro. Passo do rebite e passo transverso normalmente tem a mesma dimensão e são simplesmente chamados de espaçamento de rebite.

Exemplo do Layout de Rebite

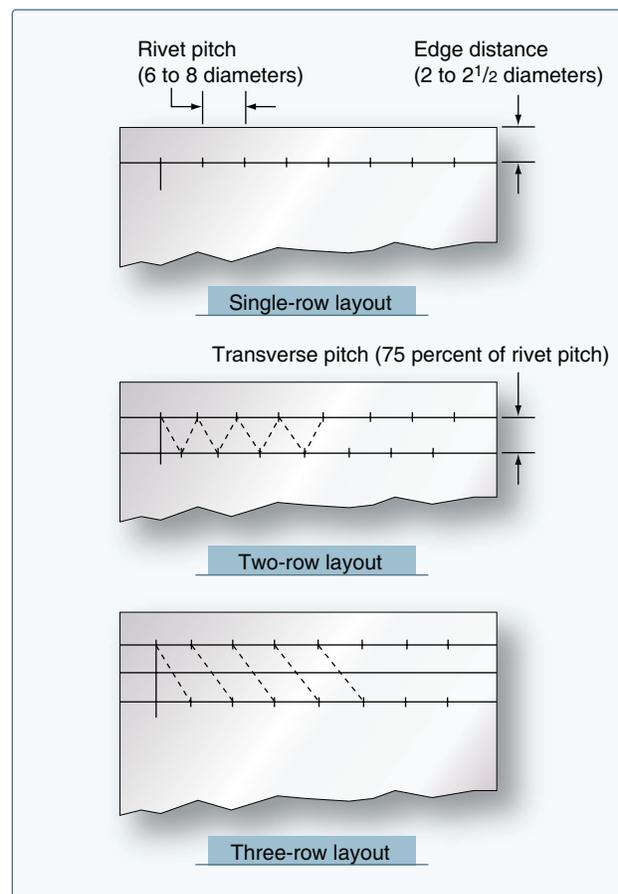
As regras gerais para o espaçamento de rebites, como as aplicadas a um layout de linha reta, são bastante simples. Em um layout de linha reta encontre a distância e borda de cada extremidade da fileira e então disponha o passo do rebite (distância entre rebites) conforme mostrado na Figura 4-81. Em um layout de duas fileiras disponha a primeira fileira, coloque a segunda fileira a uma distância igual ao passo transverso da primeira fileira e então disponha os pontos de rebite na segunda fileira de modo que eles fiquem no ponto intermediário entre os da primeira fileira. Em um layout de três fileiras disponha a primeira fileira e então use uma régua para determinar a posição dos rebites da segunda fileira.

Quando estiver emendando um tubo danificado, e os rebites atravessarem completamente o tubo, espace os rebites entre quatro a sete rebites de diâmetro se os rebites adjacentes estiverem em ângulo reto entre eles, e espace entre cinco a sete rebites de diâmetro

se estiverem em paralelo. O primeiro rebite de cada lado da união não deve estar a menos de 2,5 rebites de diâmetro do final da luva.

Ferramentas Para Instalação de Rebites

As diversas ferramentas necessárias para o trabalho de instalar rebites incluem furadeira, escareador, cortadores de rebites ou NIPPERS (tenazes, alicates), barras de apoio, RIVETING HAMMERS, DRAW SETS, DIMPLING DIES e outros tipo de equipamentos escareadores, RIVET GUNS e SQUEEZE RIVETERS. C-CLAMPS, morsas e outros prendedores usados para manter as chapas unidas quando estão sendo rebitadas foram discutidos anteriormente neste capítulo. Outras ferramentas e equipamentos necessários na instalação de rebites são discutidos nos parágrafos a seguir.



Rivet Spacing	Minimum Spacing	Preferred Spacing
1 and 3 rows protruding head rivet layout	3D	3D + 1/16"
2 row protruding head rivet layout	4D	4D + 1/16"
1 and 3 rows countersunk head rivet layout	3/1/2D	3/1/2D + 1/16"
2 row countersunk head rivet layout	4/1/2D	4/1/2D + 1/16"

Ferramentas Manuais

Uma variedade de ferramentas manuais são utilizadas no curso normal de se instalar rebites. Estas incluem cortadores de rebites, barras de apoio, HAND RIVETERS, escareadores e DIMPLING TOOLS.

Cortador de Rebite

O cortador de rebite é usado para cortar rebites quando o comprimento necessário não estiver disponível. [Figura 4-82] Para usar um cortador de rebite rotativo insira o rebite no furo correto, coloque o número necessário de calços sob a cabeça do rebite, e aperte o cortador como se fosse um alicate. A rotação do disco corta o rebite no comprimento correto, que é determinado pelo número de calços colocados sob a cabeça. Quando utilizar um cortador de rebites grande coloque-o em uma morsa, insira o rebite no furo correto, e corte puxando o cabo, o que cortará o rebite. Se cortadores de rebite não estiverem disponíveis os alicates de corte diagonal podem ser usados para substituí-los.



Barras de Apoio

As barras de apoio são pedaços pesados de aço que contribuem para a correta instalação de rebites. Podem ter diversos tamanhos e modelos e seu peso varia de algumas onças até 8 ou 10 libras, dependendo da natureza do trabalho. As barras de apoio são normalmente feitas de aço de baixo teor de carbono que foi cementado ou uma barra de liga. As barras de apoio feitas com aço de melhor graduação duram mais tempo e não precisam ser recondiçionadas com tanta frequência.

Barras de apoio devem ser duras o suficiente para resistir a indentação e permanecerem lisas, mas não tão duras para se danificarem. Algumas vezes as barras mais complicadas devem ser forjadas ou construídas através de soldagem. A barra normalmente tem uma face côncava para conformar a forma da cabeça de oficina a ser feita. Quando estiver selecionando uma barra de apoio, primeiro considere o seu formato. [Fi-



gura 4-83] Se a barra não tiver o formato correto a cabeça do rebite ficará deformada. Se a barra for leve demais, ela não derá o peso de apoio necessário, e o material poderá ficar saliente na direção da cabeça de oficina. Se a barra for pesada demais seu peso e a força de apoio podem fazer com que o material fique mais saliente do que a cabeça de oficina.

Esta ferramenta é utilizada para segurar contra a extremidade da haste do rebite enquanto a cabeça de oficina está sendo formada. Sempre segure a face da barra de apoio em ângulos retos com a haste do rebite. Se isso não acontecer a haste do rebite dobrará nas primeiras batidas do RIVET GUN e fará com que o material se estrague com as últimas batidas. O BUCKER deve segurar a barra de apoio no lugar até que o rebite esteja totalmente colocado. Se a barra de apoio for removida enquanto o GUN estiver operando, o rebite pode atravessar o material. Permita que o peso da barra de apoio faça a maior parte do trabalho e não pese muito na haste do rebite. As mãos do operador apenas guiam a barra para fornecer a tensão necessária e a ação de ressalto. Um trabalho coordenado permitirá que a barra de apoio vibre em uníssono com o GUN SET. Com experiência o técnico de manutenção desenvolve um alto nível de habilidade.

Cabeças de rebite defeituosas podem ser causadas pela falta de ação de vibração incorreta, o uso de uma barra de apoio leve ou pesada demais, falha em segurar a barra de apoio nos ângulos corretos do rebite. As barras devem ser mantidas limpas, lisas, e bem polidas. Suas bordas devem ser levemente arredondadas para evitar que marquem o material próximo de onde o rebite está sendo colocado

Aparelho Para Rebitagem Manual

Um aparelho para rebitagem manual é uma ferramenta equipada com um punção para aplicar um tipo es-

pecífico de rebite. Os aparelhos para rebiteagem manual estão disponíveis para se encaixar em cada tamanho e formato de cabeça de rebite. O aparelho comum é feito de aço carbono ferramenta de 1/2 polegada, aproximadamente 6 polegadas de comprimento e é serrilhado para evitar que escorregue da mão. Apenas a face da ferramenta é endurecida e polida.

Os aparelhos para rebites universais são recuados (ou em concha) para encaixar na cabeça do rebite. Para selecionar o aparelho correto certifique-se que ele proporciona a distância adequada para encaixar os lados da cabeça do rebite e entre as superfícies do metal e do aparelho. Aparelhos FLUSH planos são usados para rebites de cabeça plana ou escareada. Para colocar rebites FLUSH de forma correta certifique-se que os FLUSH SETS possuam pelo menos 1 polegada de diâmetro.

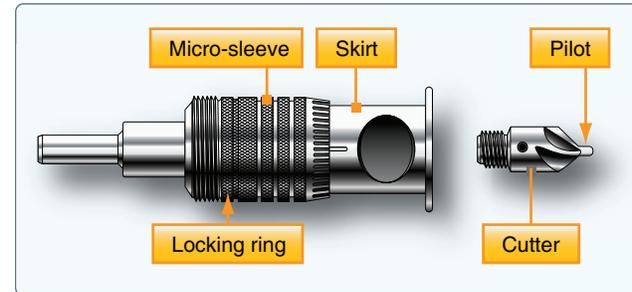
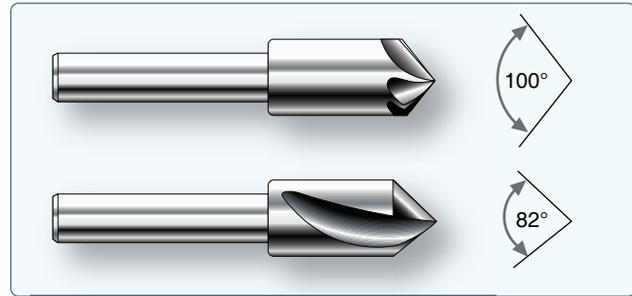
Puxadores especiais são feitos para eliminar qualquer folga entre duas ou mais chapas antes que o rebite seja colocado. Cada puxador tem um furo de 1/32 polegada maior que o diâmetro da haste do rebite para o qual foi feito. Ocasionalmente o puxador e o batedor de rebite vêm incorporados em uma só ferramenta. A parte do batedor consiste em um furo raso o suficiente para que o aparelho expanda o rebite e a cabeça quando golpeado pelo martelo.

Escareadores

O escareador é uma ferramenta que corta uma depressão cônica ao redor do furo do rebite para permitir que o rebite fique alinhado com a superfície da chapa. O escareamento é feito com ângulos correspondentes ao ângulo da cabeça escareada do rebite. O escareamento padrão tem ângulo de 100°, conforme mostrado na Figura 4-84. Escareados especiais microbatente (normalmente chamados de escareadores com batente) estão disponíveis e podem ser ajustados a qualquer profundidade desejada e tem cortadores que permitem furos intercambiáveis com vários ângulos de escareamento. [Figura 4-85] Alguns escareadores com batente possuem ajuste com micrômetro, com incrementos de 0,001 polegada, para ajustar a profundidade de corte.

Punções de Rebaixamento

O rebaixamento é feito com um punção macho e fêmea. O punção macho tem um guia que mede o furo do rebite e com o mesmo grau de escareamento que o rebite. O punção fêmea tem um furo que corresponde ao grau de escareamento no qual o guia macho se encaixa.



Ferramentas Elétricas

As ferramentas elétricas mais comuns usadas para rebiteagem são o martelo pneumático, o RIVET SQUEEZER e o MICROSHAVER.

Martelo Pneumático

O martelo pneumático é a ferramenta mais comum utilizada no trabalho de reparo de fuselagens. Está disponível em muitos tipos e tamanhos. [Figura 4-86] A capacidade recomendada de cada martelo pneumático, recomendada pelo fabricante, está normalmente estampada no seu corpo. Martelos pneumáticos com pressão de ar de 90 a 100 libras por polegada quadrada normalmente são utilizados com conjuntos intercambiáveis para rebites. Cada conjunto é projetado para se encaixar em um tipo específico de rebite e de localização de serviço. A haste do conjunto é projetada para se encaixar no martelo pneumático. Um martelo movido a ar, dentro do corpo do martelo pneumático, fornece a força para amassar o rebite.

Martelos pneumáticos de baixa velocidade, de 900 a 2.500 golpes por minuto, são o tipo mais comum. [Figura 4-87] Estes golpes são lentos o suficiente para serem controlados e fortes o suficiente para realizar o trabalho. Estes marteletes são medidos pelo maior rebite continuamente colocado, com o tamanho frequentemente baseado nas antigas séries "X" da Chicago Pneumatic Company. Um martelete 4X (rebite traço 8 ou 1/4) é usado para o trabalho normal. O martelete menos potente 3X é usado para rebites menores em estruturas mais finas. Os marteletes 7X são usados para rebi-



tes maiores em estruturas mais espessas. Um martetele deve instalar um rebite entre 1 e 3 segundos. Com prática, um técnico em manutenção de aeronaves aprende por quanto tempo precisa segurar o gatilho.

Um martelo pneumático, com o HEADER (RIVET SET) correto, deve ser mantido confortavelmente contra a cabeça do rebite e perpendicular a superfície, enquanto uma barra de apoio, de peso adequado, é mantida contra o lado oposto. A força do martelo deve ser absorvida pela barra de apoio e não pela estrutura que está sendo rebitada. Quando o gatilho é puxado, o rebite é instalado.

Certifique-se sempre de que o RIVET HEADER e a RETAINING SPRING estão instalados. Teste o martelo pneumático em um pedaço de madeira e ajuste a válvula de ar para que fique confortável ao operador. A força do martelo no rebite é ajustada por uma válvula de agulha no cabo. Os ajustes nunca devem ser testados contra nada mais duro do que um bloco de madeira para evitar que o HEADER seja danificado. Se o ajuste não proporcionar a melhor força motriz então será necessário outro martelo hidráulico, de tamanho diferente. Um martelo que seja potente demais é difícil de controlar e pode danificar o trabalho. Por outro lado, se o martelo for leve demais IT MAY WORK HARDEN o rebite antes que a cabeça esteja completamente formada.

A ação de rebitagem deve começar lentamente e ser contínua. Se o martelo começar rápido demais, o RIVET HEADER pode escorregar do rebite e danificá-lo ou o revestimento (EYEBROW). Tente não colocar os rebites em 3 segundos, porque o rebite WILL WORK HARDEN se o processo demorar demais. A dinâmica do processo de se colocar o rebite tem o martelo batendo, ou vibrando, o rebite no material,

que faz com que a barra quique, ou COUNTERVIBRATE. A batida oposta (baixa frequência) aperta o rebite, fazendo com que ele inche e forme a cabeça de oficina.

Algumas precauções devem ser tomadas quando se usar um martelo hidráulico:

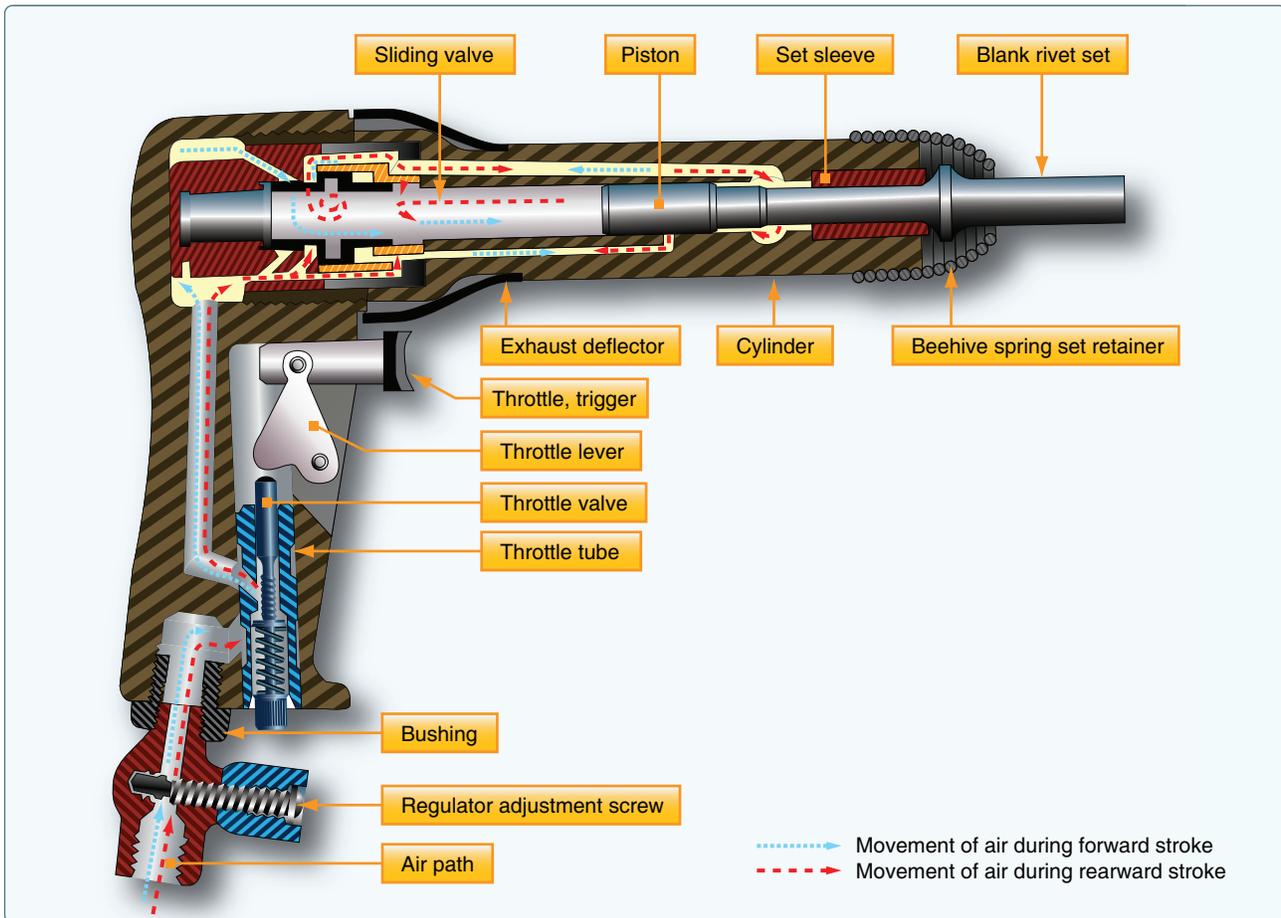
1. Nunca aponte o martelo hidráulico para ninguém, em momento algum. O martelo hidráulico deve ser usado para um único propósito: instalar rebites.
2. Nunca aperte o gatilho, a não ser que o martelo esteja apoiado contra um bloco de madeira ou um rebite.
3. Sempre desconecte a mangueira de ar do martelo hidráulico quando este não for usado por um longo período de tempo.

Enquanto as ferramentas tradicionais não mudaram muito durante os últimos 60 anos, mudanças significativas aconteceram nos martelos hidráulicos. Foram desenvolvidos martelos com menos vibração e barras de apoio, como objetivo de reduzir a incidência da síndrome do túnel carpal e aumentar o conforto do operador.

RIVET SETS / HEADERS

Os martelos pneumáticos são usados em conjunto com RIVET SETS e HEADERS intercambiáveis. Cada um é projetado para se encaixar no tipo de rebite e local do trabalho. A haste do RIVET HEADER é projetada para se encaixar no martelo hidráulico. Um HEADER apropriado deve ser a combinação correta para um rebite que está sendo instalado. A face de trabalho do HEADER deve ser projetada adequadamente e polida. Elas são feitas de aço forjado, tratado termicamente para ser duro mas não muito quebradiço. FLUSH HEADERS têm diversos tamanhos. Os menores concentram a força motriz em uma pequena área para máxima eficiência. Os maiores espalham a força motriz em uma área maior e são usados para rebitar revestimentos finos.

NONFLUSH HEADERS SHOULD FIT TO CONTACT ABOUT THE CENTER TWO-THIRDS da cabeça do rebite. Eles devem ser rasos o suficiente para permitir um pequeno amassamento da cabeça na colocação e um pequeno desalinhamento sem EYEBROWING a superfície rebitada. Tenha cuidado para



combinar o tamanho do rebite. Um HEADER que for pequeno demais marcará o rebite, enquanto um que for grande demais marcará o material.

RIVET HEADERS são feitos em diferentes estilos. [Figura 4-88] O HEADER curto e reto é melhor quando o martelo pode ser levado para perto do trabalho. OFFSET HEADERS podem ser usados para alcançar rebites em locais de difícil acesso. HEADERS longos são algumas vezes necessários quando o martelo não pode chegar perto do local do serviço devido a interferências estruturais. Os RIVET HEADERS devem ser mantidos limpos.

Rebitagem Por Compressão

A rebitagem por compressão é de valor limitado porque este método de rebitagem só pode ser usado na borda das montagens ou onde as condições permitam, e onde o alcance do RIVET SQUEEZER for profundo o suficiente. Os três tipos de RIVET SQUEEZERS – manual, pneumático e PNEUDRAULIC – operam com os mesmo princípio. No RIVET SQUEEZER manual a compressão é feita por pressão manual, no pneumático por pressão a ar e no PNEUDRAULIC

por uma combinação de pressão de ar e hidráulica. Uma JAW é estacionária e serve como uma barra de apoio e a outra é móvel e amassa o rebite. A rebitagem com um SQUEEZER é um método rápido e necessita de apenas um operador.

Estes rebitadores são equipados com um C-YOKE ou com um ALLIGATOR YOKE, em vários tamanhos, para acomodar qualquer tamanho de rebite. A capacidade de trabalho do YOKE é medida pelo seu GAP e seu alcance. O GAP é a distância entre o JAW móvel e o fixo. O alcance é o comprimento interno da garganta medida a partir do centro. Os END SETS para RIVET SQUEEZERS servem para o mesmo propósito dos RIVET SETS para martelos pneumáticos e estão disponíveis com os mesmo tipos de cabeças, que são intercambiáveis e se ajustam a qualquer tipo de cabeça de rebite. Uma parte de cada SET é inserida no JAW fixo, enquanto que a outra parte é colocada no JAW móvel. A HEAD END SET manufaturada é colocada no JAW fixo sempre que possível. Durante algumas operações pode ser necessário reverter os END SETS, colocando a HEAD END SET manufaturada na JAW móvel.



Microshavers

Um MICROSHAVER é usado para alisar o material (como o revestimento) necessário para que todos os rebites escareados sejam instalados dentro da tolerância específica. [Figura 4-89]. Esta ferramenta tem um cortador, um batente, e duas pernas ou estabilizadores. A parte cortante do MICROSHAVER está dentro do batente. A profundidade do corte pode ser ajustada puxando-se para fora do batente e girando em uma direção ou outra (sentido horário para cortes mais profundos). As marcas no batente permitem ajustes de 0,001 polegada. Se o MICROSHAVER estiver ajustado e empunhado corretamente ele pode cortar a cabeça de um rebite escareado em até 0,002 polegada sem danificar os materiais que o cercam.

Os ajustes sempre devem ser feitos em sucata. Quando corretamente ajustado o MICROSHAVER deixa uma pequena marca redonda, aproximadamente do tamanho da cabeça de um alfinete, no rebite que foi MICROSHAVED. É possível que seja necessário, ocasionalmente, SHAVE rebites, normalmente restrito as cabeças de rebites MS20426, após a sua colocação, para que fiquem alinhados corretamente. Rebites de cabeça de cisalhamento nunca devem ser SHAVED.

Procedimento Para Rebitagem

O procedimento para rebitagem consiste em transferir e preparar o furo, furar, e aplicar os rebites.

Transferência do Furo

Para se realizar a transferência de furos, de uma parte furada para outra, coloque a primeira parte sobre a segunda e use os furos feitos como guia. Marque a localização dos furos com um punção centro e fure.

Preparação do Furo

É muito importante que o furo para o rebite esteja do tamanho e forma correto, e livre de rebarbas. Se o furo for pequeno demais a camada protetora do rebite será arranhada quando o mesmo for colocado no furo. Se o furo for grande demais o rebite não preencherá o furo completamente. Quando for amassado a união não desenvolverá sua resistência total, e uma falha estrutural poderá ocorrer neste local.

Se for necessário escareamento considere a espessura do metal e adote o método de escareamento recomendado par aquela espessura. Se for necessário um rebaixamento limite a força das pancadas do martelo ao mínimo, de modo que nenhum endurecimento indesejado se forme nas áreas próximas.

Furação

Furos para rebites em reparos devem ser feitos com uma furadeira de baixa potência ou com furadeira manual. A broca mais comumente usada é a broca de haste padrão. O tamanho dos furos para rebites deve ser o menor tamanho permitido para uma fácil colocação do rebite, aproximadamente 0,003 polegada maior do que a tolerância máxima do diâmetro da haste. A folga aconselhável da broca, para rebites de diâmetro comum, é mostrada na Figura 4-90. O tamanho dos furos para outros prendedores é normalmente encontrada em documentos de trabalho, impressos ou manuais.

Antes de furar, marque com um punção centro a localização de todos os rebites. A marcação do punção centro deve ser grande o suficiente para evitar que a broca saia fora da posição, mas não deve amassar o material adjacente. Coloque uma barra de apoio atrás do metal durante a marcação com o punção para evitar o amassamento. Para se fazer o furo do rebite no tamanho correto faça primeiro um furo de tamanho

Rivet Diameter (in)	Drill Size	
	Pilot	Final
3/32	3/32 (0.0937)	#40 (0.098)
1/8	1/8 (0.125)	#30 (0.1285)
5/32	5/32 (0.1562)	#21 (0.159)
3/16	3/16 (0.1875)	#11 (0.191)
1/4	1/4 (0.250)	F (0.257)

levemente menor (furo piloto). Alargamos o furo piloto com uma broca do tamanho correto para se obter a dimensão desejada.

Para furar, proceda da seguinte forma:

1. Assegure-se que a broca é do tamanho e formato correto.
2. Coloque a broca na marcação feita com o punção centro. Quando utilizar uma furadeira elétrica gire a broca por algumas voltas antes de acionar o motor.
3. Sempre segure a furadeira em ângulo de 90° com o trabalho, ou curvatura do material, durante a furação.
4. Evite pressão excessiva, deixa a broca fazer o corte, e nunca empurre a broca.
5. Remova todas as rebarbas com uma escareadeira ou lima.
6. Limpe o furo.

Quando furos são feitos em chapas de metal pequenas rebarbas se formam ao redor do furo. Isso acontece principalmente quando usamos uma furadeira manual, porque a velocidade é baixa e há uma tendência de se aplicar mais pressão por revolução. Remova todas as rebarbas com um removedor de rebarbas ou uma broca de tamanho maior antes de rebitar.

Colocando o Rebite

Embora o equipamento para rebite possa ser fixo ou móvel, o equipamento móvel é o mais comum no trabalho de reparo em aeronaves.

Antes de colocar qualquer rebite em partes de placas de metal certifique-se que todos os furos estejam perfeitamente alinhados, todas aparas e rebarbas foram removidas, e que as partes que serão rebiteadas estejam presas, de forma firme, por prendedores temporários.

Dependendo do serviço a ser feito o trabalho de rebiteagem pode pedir uma ou duas pessoas. Quando o trabalho for feito por apenas uma pessoa a barra de apoio deverá ser mantida em uma mão e a outra mão segura o martelo pneumático.

Se o trabalho for feito por dois técnicos um com o martelo pneumático, e outro com a barra, trabalham juntos para a instalação dos rebites. Um componente importante para essa equipe de rebiteagem é um sistema de sinalização eficiente para que comuniquem o status do processo de rebiteagem. O sistema de sinalização comum é bater com a barra de apoio contra o trabalho, o que normalmente é chamado de código de batidas. Uma batida pode significar “não ficou bom, bata novamente”, duas batidas “rebite bom”, três batidas “rebite ruim, remove e coloque outro”. Equipamentos de rádio também estão disponíveis para a comunicação entre os técnicos.

Uma vez que o rebite esteja instalado não deve haver sinal de giro dos rebites ou que partes rebiteadas estejam soltas. Após uma operação de TRIMMING examine para TIGHTNESS. Aplique uma força de 10 libras ao TRIMMING STEM. Um STEM apertado é uma indicação de uma colocação de rebite aceitável. Qualquer nível de frouxidão indica um furo muito grande e demanda a substituição do rebite por um de maior diâmetro de haste. Uma instalação de rebite é considerada satisfatória quando a cabeça do rebite estiver confortavelmente assentada contra o material que está prendendo (um calibrador de 0,005 polegada não deve passar sob mais da metade da circunferência da cabeça do rebite) e a haste deve estar firme.

Rebites Escareados

Um escareamento mal feito reduz a resistência da junta e pode causar falha da chapa ou da cabeça do rebite. Os dois métodos de escareamento comumente utilizados para rebiteagem FLUSH na construção e reparos de aeronaves são:

- Broca e escareamento
- Pressão e rebaixamento

O método adequado para qualquer aplicação depende da espessura das partes que serão rebiteadas, da altura e do ângulo da cabeça escareada, das ferramentas disponíveis e do acesso.

Escareamento

Quando rebites escareados são utilizados é necessário que se faça um recesso cônico na superfície, para o

encaixe da cabeça. O tipo de escareamento necessário depende da relação entre espessura da chapa com a profundidade da cabeça do rebite. Use o ângulo e diâmetro de escareamento adequado e corte apenas a profundidade suficiente para que a cabeça do rebite fique nivelada com a superfície do metal.

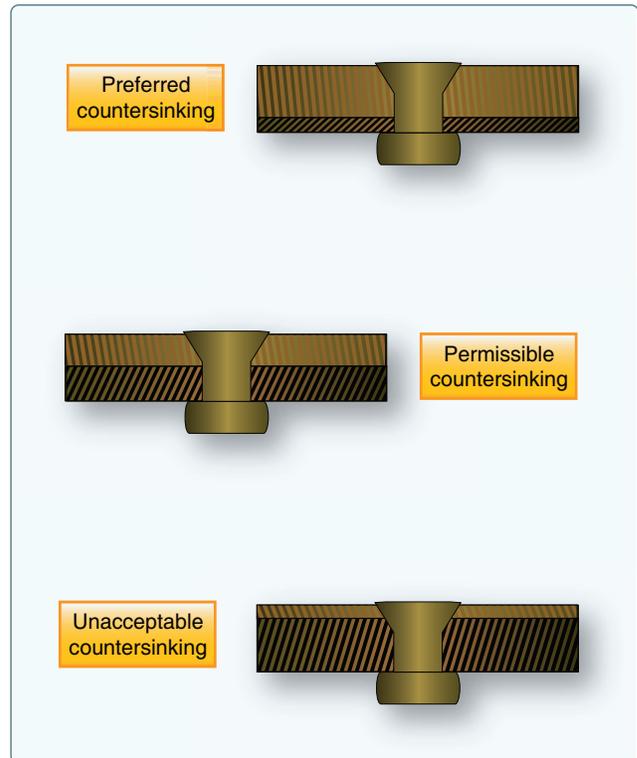
O escareamento é um fator importante no projeto dos prendedores, porque com a remoção de material no processo de escareamento é necessário um aumento do número de prendedores para garantir a transferência da resistência de carga. Se o escareamento foi feito em um metal abaixo de determinada espessura, o fio da navalha com menos do que o mínimo de superfície de rolamento, ou pode resultar em um real alargamento do furo. A distância da borda necessária quando estamos usando prendedores escareados é maior do que aquela quando usamos prendedores universais

A regra geral para os procedimentos de instalação de prendedores escareados e nivelados foi reavaliada nos últimos anos porque os furos escareados tem sido responsabilizados por rachaduras de fadiga em revestimentos de aeronaves pressurizadas. No passado, a regra geral para escareamento dizia que a cabeça do prendedor deveria ficar presa na chapa externa. Uma combinação de escareamentos muito profundos (criando um fio de navalha), o número de ciclos de pressurizações, fadiga, deterioração dos materiais adesivos e o trabalho dos prendedores causam um alto nível de concentração de tensão que resultou em rachaduras no revestimento e falha dos prendedores. No reparo de estruturas primárias e revestimentos pressurizados alguns fabricantes estão recomendando que a profundidade do escareamento seja maior que 2/3 da espessura da chapa externa, ou abaixo de 0,020 polegada da profundidade mínima da haste do prendedor, o que for maior. Faça o mameamento do revestimento se este for fino demais para o rebaixamento. [Figura 4-91]

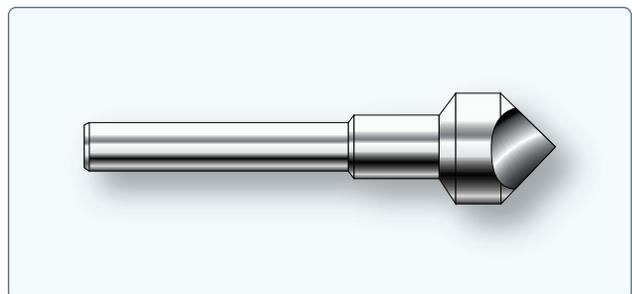
Mantenha o rebite alto antes de colocá-lo para se assegurar que a força de rebiteagem será aplicada no rebite, e não no revestimento. Se o rebite por movimentado enquanto estiver nivelado, ou muito profundo, o revestimento adjacente será endurecido.

Ferramentas Para Escareamento

Apesar de existirem muitas ferramentas para escareamento, as mais comumente utilizadas tem um ângulo de 100° incluso. Algumas vezes tipos com ângulos de 82° ou 120° são utilizados para formar as paredes do escareamento. [Figura 4-84] Um SIX-FLUTED COUN-



TERSINK funciona melhor no alumínio. Existem também escareadores FOUR AND THREE-FLUTED, mas são mais difíceis de controlar de um CHATTER STAN-DPOINT. Um tipo ONE FLUTED, tais como os manufaturados pela Weldon Tool Company®, funcionam melhor no aço resistente a corrosão. [Figura 4-92]



O escareador de micro batente é a ferramenta de escareamento favorita. [Figura 4-85] Ela tem uma SLEEVE CAGE ajustável que funciona como um batente limitador e segura o escareador giratório na posição vertical. Seus cortadores rosqueados e substituíveis podem ter um piloto removível ou integral que mantém o cortador centrado no furo. O piloto deve ser aproximadamente 0,002 polegada menor que o tamanho do furo. É recomendado que testes de ajuste sejam feitos, em um pedaço de material de descarte, antes de se escarear o reparo ou as partes de substituição.

O escareamento a mão livre é necessário quando o escareador de micro batente não se encaixa. Este método deve ser praticado em sucata para que a habilidade necessária seja desenvolvida. Segurar a furadeira de uma forma constante e perpendicular é um fator crítico durante esta operação de furação.

CHATTERING (VIBRAÇÃO) é o problema mais comumente encontrado quando o escareamento está sendo feito. Algumas precauções que podem eliminar ou minimizar o CHATTER incluem:

- Use ferramentas afiadas.
- Use velocidade baixa e pressão firme e constante.
- Use um escareamento piloto com um piloto aproximadamente 0,002 polegada menor do que o furo.
- Use material de apoio para manter o piloto constante quando estiver escareando chapas finas.
- Use um cortador com diferentes números de FLUTER.
- Faça o furo piloto em um tamanho menor, faça o escareamento, e então aumente o furo para o tamanho final.

Rebaixamento

O rebaixamento é o processo de se fazer uma indentação, ou um rebaixador, ao redor do furo do rebite para fazer com que o topo da cabeça de um rebite escareado fique nivelado com a superfície do metal. O rebaixamento é feito com um punção macho e um punção fêmea, frequentemente chamados de conjunto punção. O punção macho tem um guia que mede o tamanho do furo do rebite e é chanfrado para corresponder ao ângulo do escareamento da cabeça do rebite. O punção fêmea tem um furo no qual o guia macho se encaixa e é chanfrado para corresponder ao ângulo de escareamento.

Quando se estiver rebaixando repouse o punção fêmea em uma superfície sólida. Então coloque o material a ser rebaixado e, com um martelo, golpeie o punção macho até que o rebaixamento seja formado. Dois ou três golpes firmes de martelo devem ser o suficiente. Um conjunto separado de punções é necessário para cada tamanho de rebite e formato de cabeça de rebite. Um método alternativo é usar um rebite de cabeça escareada ao invés do um punção macho comum, e um

DRAW SET ao invés de um punção fêmea, e martelar o rebite até que o rebaixamento esteja formado.



Punções de rebaixamento para trabalho leve podem ser usados em HAD SQUEEZERS pneumáticos portáteis. [Figura 4-93] Se os punções forem usados com um SQUEEZER eles devem ser ajustados para a espessura da chapa que está sendo rebaixada. Um rebitador de mesa é também utilizado para rebaixar materiais de revestimento finos e instalar rebites. [Figura 4-94]



Cunhagem

A cunhagem é o método que usa um rebite escareado como um punção macho de rebaixamento. Coloque a punção fêmea na posição usual na parte de trás com a barra de apoio. Posicione o rebite do tipo necessário no furo e golpeie o rebite com um martelo pneumático de rebiteagem. A cunhagem deve ser usada apenas quando um punção macho regular estiver quebrado ou não disponível. A cunhagem tem a desvantagem de que o furo para o rebite tem que estar no tamanho correto antes da operação de rebaixamento ser realizada. Como o metal se estica durante a operação de rebaixamento o furo fica aumentado e o rebite deve ser levemente inchado durante a sua colocação para que o encaixe seja perfeito. Como a cabeça do rebite provoca uma pequena distorção no recuo, e estas são características apenas de um determinado tipo de cabeça de rebite, é aconselhável instalar o mesmo rebite que foi usado como punção macho durante o processo de rebaixamento. Não substitua por outro rebite, nem por um do mesmo tamanho nem maior.

Rebaixamento Radial

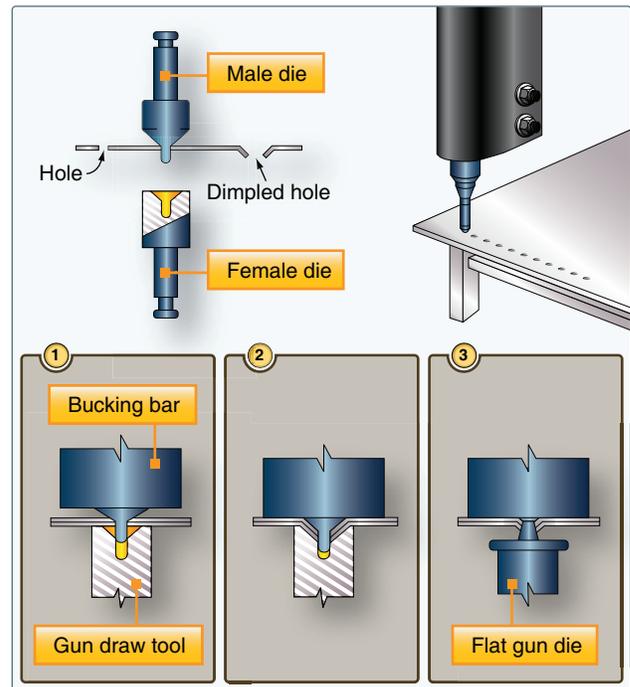
O rebaixamento radial usa um conjunto especial de punções que tem um raio e são frequentemente utilizados com SQUEEZERS fixos ou portáteis. O rebaixamento não remove metal e, devido ao seu efeito “ninho”, proporciona uma junção mais resistente do que a do tipo NON-FLUSH. Uma junção rebaixada reduz a carga de cisalhamento no rebite e coloca mais carga nas chapas rebitadas.

NOTA: o rebaixamento também é feito para parafusos nivelados ou outros prendedores nivelados.

O rebaixamento é necessário em chapas que sejam mais finas do que a espessura mínima determinada para o escareamento. Contudo, o rebaixamento não é limitado a materiais finos. Partes mais pesadas podem ser rebaixadas, sem rachar, pelo uso de um equipamento especial de rebaixamento térmico. A temperatura do material, tamanho do rebite, e equipamento disponível são os fatores a ser considerados no rebaixamento. [Figura 4-95]

Rebaixamento Térmico

O rebaixamento térmico é um processo que usa punções de rebaixamento aquecidas para assegurar que o metal responda melhor ao processo de rebaixamento. O rebaixamento térmico é frequentemente realizado em grandes equipamentos fixos disponíveis em oficinas. O metal a ser utilizado é um fator importante



porque cada metal apresenta diferentes problemas de rebaixamento. Por exemplo, a liga de alumínio 2024-T3 pode ser satisfatoriamente rebaixada a quente ou a frio, mas pode rachar nas proximidades do rebaixamento após o rebaixamento a frio por causa de pontos endurecidos no metal. O rebaixamento térmico previne tais rachaduras.

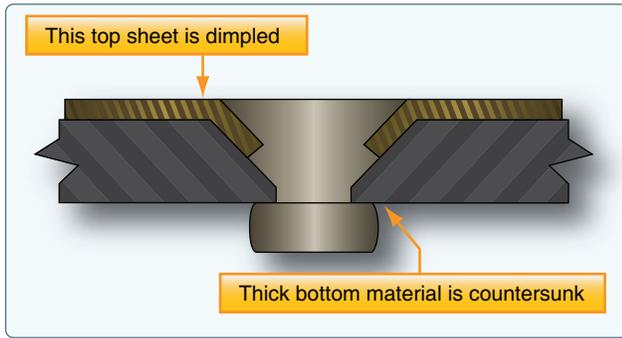
As ligas de alumínio 7075-T6 são sempre rebaixadas termicamente, assim como as ligas de magnésio porque, como o 7075-T6 tem baixa qualidade de formabilidade. O titânio é outro metal que deve ser rebaixado termicamente porque é duro e resistente a conformação. A mesma temperatura e tempo de permanência usados no rebaixamento térmico do 7075-T6 são usados no titânio.

A Combinação 100° do Método de Rebaixamento e Escareação

Metais de diferentes espessuras são às vezes unidos pela combinação de rebaixamento e escareação. [Figura 4-96] Uma escareação bem feita para receber um rebaixamento é chamada de subescareamento. Estes são mais frequentemente vistos onde uma teia fina é ligada a uma estrutura pesada. Também é utilizado em folgas de vedação finas, tiras de desgaste, e reparo de escareamentos desgastados.

Inspeção do Escareamento

Para determinar a qualidade de um escareamento é

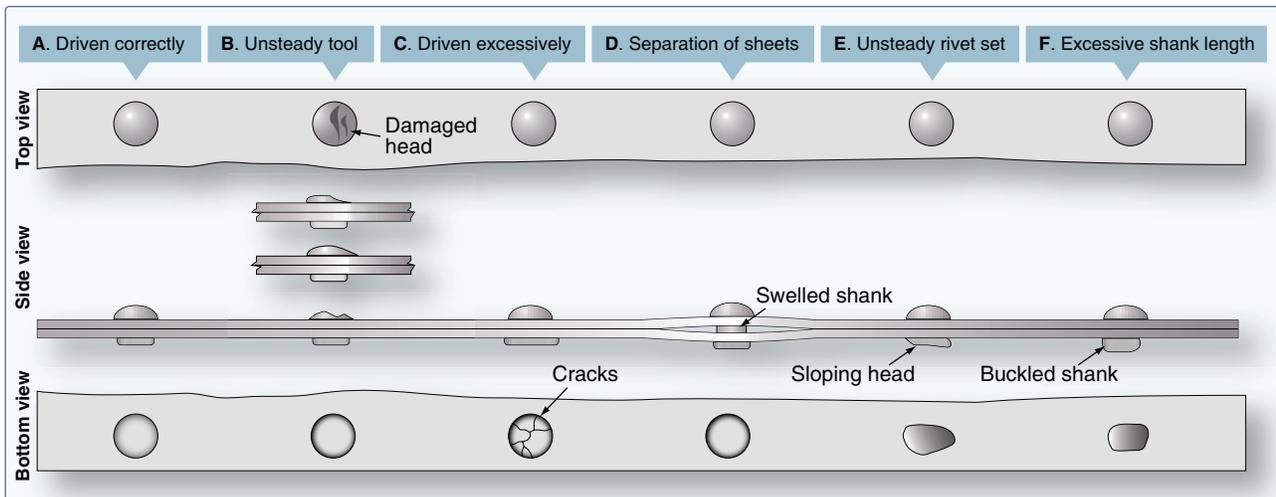


necessário que se faça um inspeção visual cuidadosa. Diversas características devem ser verificadas. A cabeça do rebite deve se encaixar de forma nivelada e deve haver uma quebra acentuada da superfície para o rebaixamento, e isso é afetado pela pressão do rebaixamento e pela espessura do material. Rebaixos selecionados devem ser verificados pela inserção de um prendedor, para que se certifique que o nivelamento necessário foi atingido. Rebaixos rachados são resultado de punções ruins, furos irregulares, ou aquecimento impróprio. Dois tipos de rachadura podem se formar durante o rebaixamento:

- Rachaduras radiais – começam em uma extremidade e se espalham para fora, como se o metal dentro do rebaixo se esticasse. Elas são mais comuns no 2024-T3. Um furo irregular ou um rebaixamento muito profundo podem causar tais rachaduras. Uma pequena tolerância é permitida, normalmente, para rachaduras radiais.
- Rachaduras circunferenciais – a dobra para baixo dentro do DRAW punção cria tensão na porção superior do metal. Sob algumas condições uma rachadura pode ser criada, que corre ao redor da borda do rebaixo. Estas rachaduras nem sempre aparecem porque podem ficar abaixo do revestimento. Quando encontradas, elas são causa para rejeição. Estas rachaduras são mais comuns em materiais de liga de alumínio 7075 T6 com rebaixamento térmico. A causa frequente é rebaixamento térmico insuficiente.

Avaliação do Rebite

Para se obter alta eficiência estrutural na construção e



Imperfection	Cause	Remedy	Action	
A	None	None	None	
B	Cut head	Improperly held tools	Hold riveting tools firmly against work	Replace rivet
C	Excessively flat head, resultant head cracks	Excessive driving, too much pressure on bucking bar	Improve riveting technique	Replace rivet
D	Sheet separation	Work not held firmly together and rivet shank swelled	Fasten work firmly together to prevent slipping	Replace rivet
E	Sloping head	a. Bucking bar not held firmly b. Bucking bar permitted to slide and bounce over the rivet	Hold bucking bar firmly without too much pressure	Replace rivet
F	Buckled shank	Improper rivet length, and E above	E above and rivet of proper length	Replace rivet

reparo de aeronaves é necessário que seja feita inspeção em todos os rebites antes que a parte seja colocada em serviço. Esta inspeção consiste em se examinar ambas as cabeças, a manufaturada e a de oficina, e o revestimento adjacente, assim como partes estruturais, para deformidades. Uma escala de medida de rebites pode ser usada para verificar as condições da cabeça UPSET do rebite para verificar se está de acordo com os requisitos adequados. Deformidades na cabeça manufaturada podem ser detectadas apenas pelo olho treinado. [Figura 4-97]

Algumas causas comuns para a rebitagem insatisfatória são apoio inadequado, RIVET SET escorregando ou sendo mantido no angulo errado, furos ou rebites do tamanho errado. Causas adicionais para rebitagem insatisfatória são rebites escareados não alinhados, serviço que não foi bem preso durante a rebitagem, a presença de rebarbas, rebites duros demais, DRIVING demais ou de menos, rebites desalinhados.

Ocasionalmente, durante um reparo estrutural em uma aeronave, é aconselhável examinar partes adjacentes para determinar as real condições dos rebites vizinhos. Fazendo-se isso pode ser necessário remover a pintura. A presença de pintura lascada ou rachada ao redor das cabeças pode indicar rebites deslocados ou soltos. Procure por cabeças de rebites inclinadas ou soltas. Se elas estiverem inclinadas ou os rebites soltos, eles aparecem em grupos de diversos rebites consecutivos e provavelmente inclinados na mesma direção. Se as cabeças que parecem inclinadas não estiverem em grupos e não estiverem inclinadas na mesma posição, esta inclinação pode ter ocorrido em alguma instalação anterior.

Inspeccione rebites que se sabe terem recebido carga crítica, mas que não mostrem distorção visível, furando-se a cabeça e a haste. Se durante o exame a haste parecer JOGGLED e os furos na chapa desalinhados o rebite teve uma falha de cisalhamento. Neste caso tente determinar o que está causando a tensão de cisalhamento e tome a ação corretiva necessária. Rebites FLUSH que mostram SLIPPAGE da cabeça dentro do escareamento ou rebaixamento, indicando tanto SHEET BEARING FAILURE como falha de cisalhamento do rebite, devem ser removidos para inspeção e substituição.

JOGGLES em hastes de rebites removidos indicam falha parcial de cisalhamento. Substitua estes rebites com o próximo tamanho maior. Se os furos dos rebi-

tes mostrarem alongamento substitua os rebites com o próximo tamanho maior. Falhas nas chapas, como rasgos, rachaduras entre rebites, e semelhantes normalmente indicam rebites danificados. O reparo completo da união pode precisar de substituição dos rebites com o próximo tamanho maior.

A prática geral de substituir um rebite com o próximo tamanho maior (1/32 polegada de diâmetro maior) é necessária para se obter a resistência adequada da união entre rebite e chapa quando o furo original do rebite foi aumentado. Se o rebite estiver em um furo alongado for substituído por um rebite do mesmo tamanho sua habilidade de suportar a carga de cisalhamento estará debilitada e as uniões serão fracas.

Remoção de Rebites

Quando um rebite precisa ser substituído remova-o cuidadosamente para manter o furo do tamanho e formato originais. Se removido de forma correta o rebite não precisa ser substituído pelo próximo tamanho maior. Se o rebite não for removido corretamente a resistência da junta pode ser enfraquecida e a substituição do rebite pode se tornar mais difícil.

Quando remover um rebite trabalhe na cabeça manufaturada. Ela é mais simétrica próxima a haste do que a cabeça de oficina, e há menos chance de se danificar o furo do rebite ou do material adjacente. Para remover os rebites use ferramentas manuais, uma furadeira elétrica ou uma combinação de ambas.

O procedimento para a remoção de rebites de cabeça universal ou saliente são o seguintes:

1. Lime uma área plana da cabeça do rebite e marque com um punção centro esta superfície plana para furação.

NOTA: em metais finos apoie a cabeça de oficina do rebite quando estiver usando o punção centro para evitar amassar o metal.

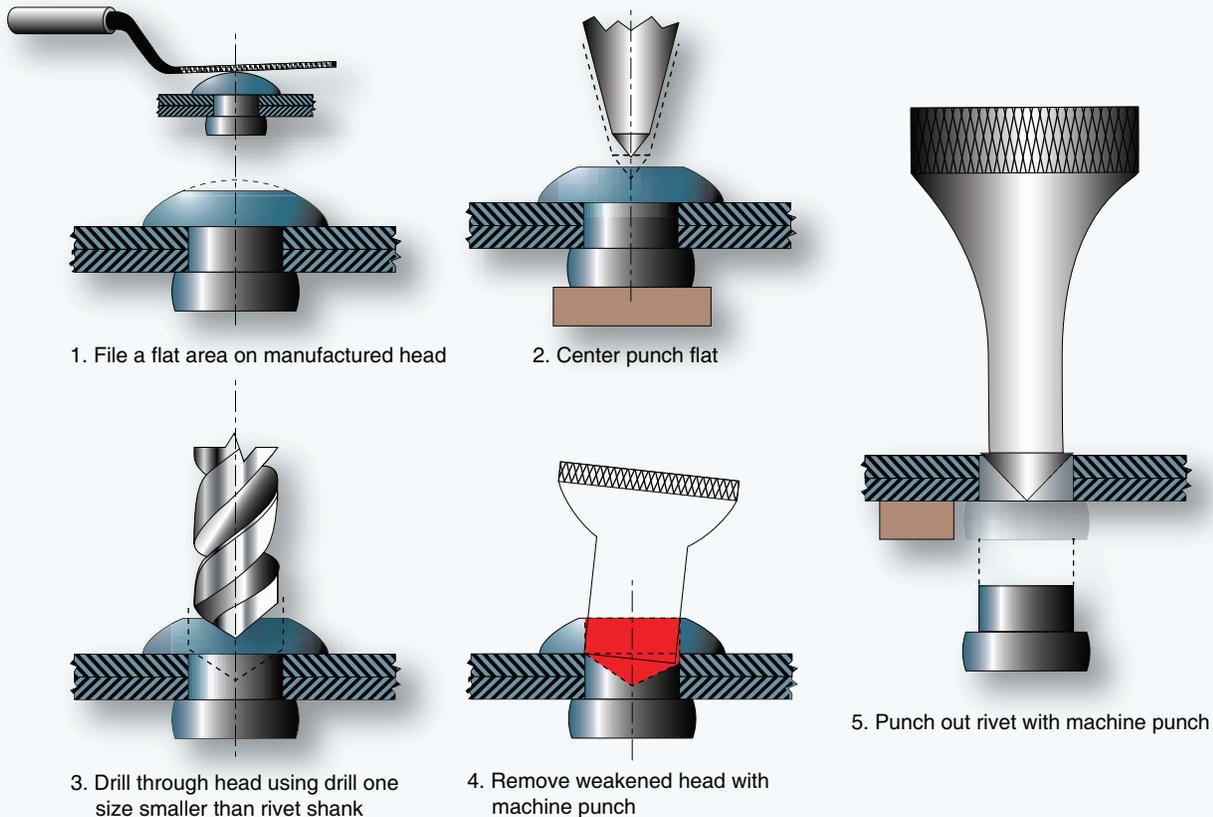
2. Usa uma broca um tamanho menor do que a haste do rebite para remover a cabeça.

NOTA: Quando usar uma furadeira elétrica coloque a broca na furadeira e faça o mandril girar diversas vezes manualmente antes de girar o motor. Este procedimento ajuda a broca a ficar em um bom ponto e elimina a chance da furadeira escorregar e riscar o metal.

Rivet Removal

Remove rivets by drilling off the head and punching out the shank as illustrated.

1. File a flat area on the manufactured head of non-flush rivets.
2. Place a block of wood or a bucking bar under both flush and nonflush rivets when center punching the manufactured head.
3. Use a drill that is $1/32$ (0.0312) inch smaller than the rivet shank to drill through the head of the rivet. Ensure the drilling operation does not damage the skin or cut the sides of the rivet hole.
4. Insert a drift punch into the hole drilled in the rivet and tilt the punch to break off the rivet head.
5. Using a drift punch and hammer, drive out the rivet shank. Support the opposite side of the structure to prevent structural damage.



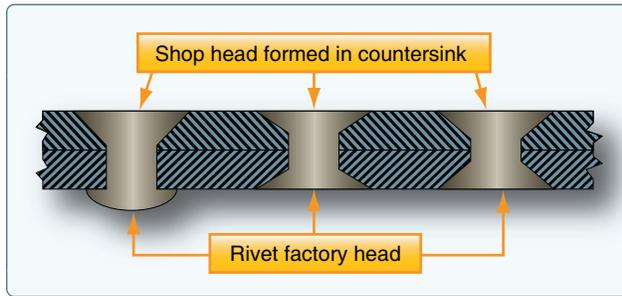
3. Fure a cabeça do rebite mantendo a furadeira em um ângulo de 90° . Não faça um furo muito profundo porque senão a haste do rebite irá girar junto com a broca e rasgar o material adjacente.

NOTA: a cabeça do rebite normalmente quebra e sobe na broca, o que é uma sinal para retirar a furadeira.

4. Se a cabeça do rebite não se soltar insira um punção DRIFT no furo e gire levemente para cada lado até que a cabeça se solte.
5. Retire a haste do rebite com um punção DRIFT levemente menor do que o diâmetro da haste.

Em metais finos ou em estruturas sem suporte apoie a chapa com uma barra de apoio enquanto retira a haste. Se o haste estiver muito apertado após a remoção da cabeça do rebite, fure dois terços do rebite e então remova o restante da haste com um punção DRIFT. A Figura 4-98 mostra o procedimento para a remoção de rebites universais.

O procedimento para a remoção de rebites escareado é a mesma descrita acima, exceto que não há necessidade de uso de lima. Tenha cuidado para evitar o alongamento do furo rebaixado ou escareado. A cabeça do rebite deve ser furada por aproximadamente metade da espessura da chapa superior. O rebaixamento nos rebites 2117-T normalmente eliminam a necessidade de limar e usar um punção centro na cabeça do rebite.



Para remover um rebite de cabeça escareada ou plana você deve:

1. Selecionar uma broca aproximadamente 0,003 polegada menor do que a diâmetro da haste do rebite.
2. Fure bem no centro da cabeça do rebite por aproximadamente a profundidade da cabeça.
3. Remova a cabeça quebrando-a. Use um punção como alavanca.
4. Remova a haste com um punção. Use um apoio adequado, de preferência madeira ou equivalente, ou um bloco de apoio. Se a haste não sair facilmente use uma broca pequena e fure a haste. Tenha cuidado para não alongar o furo.

Substituindo Rebites

Substitua rebites com aqueles do mesmo tamanho e resistência sempre que possível. Se o furo do rebite ficar aumentado, deformado, ou danificado de qualquer outra forma, aumente o furo para o próximo tamanho maior de rebite. Não substitua o rebite por um tipo que tenha menos resistência, a não ser que esta for compensada por um aumento de tamanho ou maior número de rebites. É aceitável substituir 2017 rebites de 3/16 polegada de diâmetro ou menos e 2024 rebites de 5/32 polegada ou menos com 2117 rebites para reparos gerais, desde que os rebites de substituição sejam 1/32 polegada maior em diâmetro do que os rebites que foram substituídos.

NATIONAL ADVISORY COMMITTEE FOR AERONAUTICS (NACA) Método de DOUBLE FLSUH RIVETING

A técnica de instalação de rebite conhecida como método NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) tem sua aplicação básica nas áreas de tanque de combustível. [Figura 4-99] Para se fazer a instalação de rebites NACA a haste é entortada em um es-

careamento de 82°. Na instalação o material pode ser usado tanto do lado da cabeça como da haste. O UP-SETTING é iniciado com golpes leves, então a força é aumentada e o martelo hidráulico ou barra são movidos para o lado da haste, para formar a cabeça dentro do furo escareado. Se desejado a cabeça de oficina pode ser, após a instalação, raspada para ficar nivelada. A resistência ótima é alcançada fazendo-se o escareamento nas dimensões fornecidas na Figura 4-100. Deve-se respeitar a espessura mínima do material.

Rivet Size	Minimum Thickness	Countersink Diameter ± .005
3/32	.032	.141
1/8	.040	.189
5/32	.050	.236
3/16	.063	.288
1/4	.090	.400

Prendedores Para Propósitos Especiais

Prendedores para propósitos especiais são projetados para aplicações nas quais a resistência do prendedor, facilidade de instalação ou propriedades da temperatura do prendedor devam ser consideradas. Rebites de haste sólida tem sido o método favorito de construção, por muitos anos, para aeronaves de metal, porque eles preenchem o furo, resultando em uma boa transferência de carga, mas isso nem sempre é o ideal. Por exemplo, a ligação de muitas partes não estruturais (mobiliário no interior da aeronave, piso, DEICING BOOTS, etc) não precisam de toda a resistência dos rebites de haste sólida.

Para se instalar rebites de haste sólida o técnico de manutenção de aeronaves deve ter acesso a ambos os lados da estrutura que será rebitada, ou da parte estrutural. Existem muitos locais em uma aeronave onde este acesso é impossível ou onde o espaço é limitado e não permite o uso de uma barra de apoio. Nestes casos o uso de rebites de haste sólida não é possível, e para tal foram criados prendedores especiais que podem ser fixados a partir da frente. [Figura 4-101]. Também existem áreas de altas cargas, alta fadiga, e flexão na aeronave. Embora as cargas de cisalhamento das junções rebitadas sejam muito boas, as cargas de tensão, ou CLAMP UP, não são ideais.

Prendedores para propósitos especiais são, algumas vezes, mais leves do que rebites de haste sólida, embora fortes o suficiente para o uso desejado. Estes prendedores são produzidos por diversas empresas e tem



características únicas que necessitam de ferramentas especiais para instalação, assim como procedimentos especiais de instalação e remoção. Em virtude destes prendedores serem frequentemente inseridos em locais onde a cabeça, normalmente a cabeça de oficina, não pode ser vista, são chamados de rebites cegos, ou prendedores cegos.

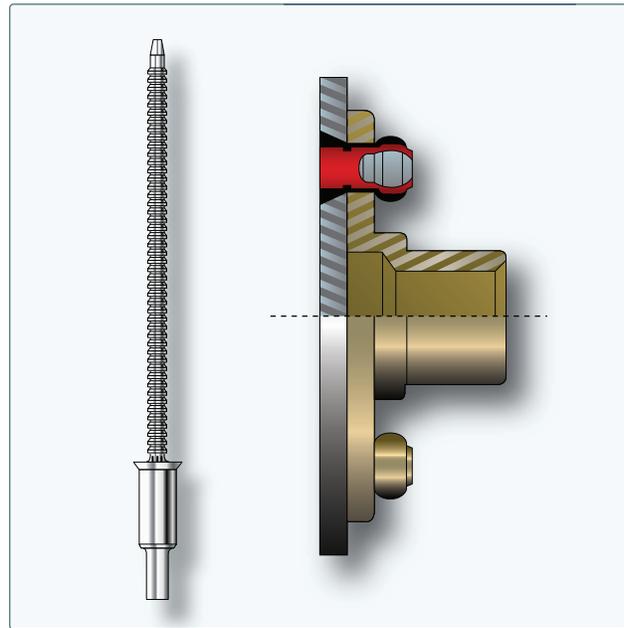
As características de um rebite cego são tão boas quanto as de outros rebites. Desta forma eles não são utilizados em locais onde a instalação de rebites convencionais é possível. Os rebites cegos não devem ser usados:

1. Em áreas estanque.
2. Em áreas de entrada de ar onde as partes do rebite podem ser sugadas pelo motor.
3. Em superfícies de controle da aeronave, dobradiças, suportes de dobradiças, sistemas de controle de voo, WING ATTACHMENT FITTINGS, acessórios do trem de pouso, em flutuadores ou cascos de anfíbios abaixo do nível da água, ou outros locais de pressão intensa na aeronave.

NOTA: para reparos em metal na fuselagem o uso de rebites cegos deve ser autorizado pelo fabricante da fuselagem ou aprovado por um representante da FAA.

Rebites Cegos

Os primeiros prendedores cegos foram introduzidos em 1940 pela Cherry Rivet Company (agora Cherry® Aerospace), e a indústria de aviação rapidamente os adotou. As últimas décadas viram uma proliferação dos sistemas de prendedores cegos baseados no conceito original, que consistem em um rebite tubular com a cabeça fixa e uma luva oca. Dentro do núcleo do rebite está inserido uma haste que é aumentada ou dentada na sua extremidade exposta, quando ativada por uma PULLING-TYPE RIVET GUN. A extremi-



dade inferior da haste se estende além da chapa interna. Esta porção contém uma parte cônica da junção e a cabeça cega que tem o diâmetro maior do que a haste ou luva do rebite tubular.

Quando força é aplicada no rebite cego, movendo-o para cima na luva, sua haste se deforma ou expande a extremidade inferior da luva. Isto pressiona a chapa interna para baixo e fecha qualquer espaço que possa existir entre esta e a chapa externa. Como a cabeça exposta do rebite está bem presa contra a chapa externa, as chapas de metal estão unidas.

NOTA: Os fabricantes de prendedores usam diferentes terminologias para descrever as partes do rebite cego. Os termos “mandril”, “eixo” e “haste” são normalmente usados de forma intercambiável. Para maior clareza o termo “haste” é utilizado neste manual e se refere a parte que é inserida na luva oca.

Rebites Cegos com Trava por Fricção

Rebites cegos padrão de auto travamento consistem em uma manga oca e uma haste com diâmetro aumentado na seção de travamento. A cabeça cega é formada quando a haste é puxada para dentro da luva. Rebites cegos com trava por fricção tem construção de peças múltiplas e usam a fricção para travar a haste na luva. Enquanto a haste é puxada para a SHANK do rebite a porção da haste UPSETS o SHANK no lado cego, formando um PLUG no centro oco do rebite. O excesso da haste se quebra devido a ação contínua do martelo hidráulico. Os metais usados para estes rebites

são as ligas de alumínio 2117-T4 e 5056-F. O Monel® é usado para aplicações especiais.

Muitas hastes de rebites cegos com trava por fricção caem por causa da vibração, que reduz bastante a resistência ao cisalhamento. Para combater este problema a maioria dos rebites cegos travados por fricção são substituídos por rebites cegos de travamento mecânico, ou STEM-LOCK. Contudo, alguns tipos, tais como os Cherry SPR® 3/32 polegada de auto travamento são ideais para prender placas de porcas localizadas em área inacessíveis ou de difícil acesso, onde não é possível a colocação de rebites sólidos. [Figura 4-102]

Rebites cegos com travamento por fricção são menos caros do que rebites cegos com travamento mecânico e algumas vezes utilizados em aplicações não estruturais. A inspeção dos rebites cegos com travamento por fricção é visual. Uma discussão mais detalhada de como inspecionar as junções rebitadas poderá ser encontrada na seção Práticas de Reparos Gerais. A remoção de rebites cegos com travamento por fricção consiste em perfurar a haste de travamento por fricção e entra tratar o rebite como um rebite comum.

Rebites Cegos com Travamento Mecânico

Os rebites cegos de auto travamento mecânico foram desenvolvidos para evitar o problema causado pela vibração de afrouxar a haste central. Este rebite tem um dispositivo na cabeça do rebite que prende o centro da haste no lugar quando instalado. Os rebites cegos de auto travamento mecânico formam uma cabeça cega grande que proporciona alta resistência quando instalada em chapas finas. Eles podem ser usados em aplicações onde a cabeça cega é formada contra uma chapa ondulada.

Fabricantes como o Cherry® Aerospace (CherryMAX®, CherryLOCK®, CherrySST®) e Alcoa Fastening Systems (Huck-Clinck®, HuckMax®, Unimatic®) produzem diversas variações deste rebite cego. Embora sejam parecidos as ferramentas para a instalação destes rebites não costuma ser intercambiável. O rebite cego CherryMAX® é um dos primeiros rebites cegos de travamento mecânico desenvolvidos. Sua principal vantagem é a habilidade de substituir rebites sólidos de mesmo tamanho. O rebite cego CherryMAX® Bulbed consiste de quatro partes:

1. Uma haste totalmente serrilhada com BRE-AK NOTCH, anel de cisalhamento e cone de ajuste de aperto integrante.

2. Uma DRIVING ANVIL para assegurar uma travamento mecânico visível em casa instalação de prendedor.
3. Um colar de travamento separado, visível e inspecionável que trava mecanicamente a haste na luva do rebite.
4. Uma luva de rebite com uma fenda na cabeça para receber o colar de travamento.

Ele é chamado de prendedor BULBED por sua superfície BEARING ter uma grande lado cego, desenvolvido durante o processo de instalação. Estes rebites são usados em aplicações em chapas finas e para uso em materiais que podem ser danificados com outros tipos de rebites cegos. Este rebite apresenta um colar auto travante para maior integridade da junção. A parte áspera da haste retida no centro da cabeça manufaturada nunca deve ser limada para ficar lisa para não enfraquecer a resistência de travamento, ou a haste do centro pode cair.

Os rebites CherryMAX® BULBED estão disponíveis em três estilos de cabeça: universal, escareada a 100° e uma 100° REDUCED SHEAR HEAD. O comprimento destes rebites é medido em incrementos de 1/16 polegada. É importante selecionar um rebite com comprimento relacionado ao tamanho de pega do metal que está sendo unido. Este rebite cego pode ser instalado usando-se tanto os rebitadores manuais Cherry® G750A ou o Cherry® G800, ou as ferramentas pneumático-elétrica G704B ou G747 CherryMAX®. Para a instalação consulte a Figura 4-103.

O rebite cego de travamento mecânico CherryMAX® é popular nas oficinas de reparo porque ele apresenta o conceito de ferramenta única para instalar três tamanhos de rebite padrão e seus homólogos supra dimensionados. [Figura 4-104] Os rebites CherryMAX® estão disponíveis em quatro diâmetros nominais: 1/8, 5/32, 3/16 e 1/4 polegada, e três tamanhos supra dimensionados, em quatro estilos de cabeça: universal, cabeça nivelada a 100°, cabeça nivelada a 120° e cabeça nivelada NAS1097. Este rebite consiste em um BLIND HEADER, HOLLOW RIVET SHELL, colar de travamento, DRIVING ANVIL, e PULLING STEM completo com um WRAPPED colar de travamento. A luva do rebite e o DRIVING WASHER BLIND BULBED HEADER prender a haste estendida e formar o BUCKTAIL.

A haste e a luva do rebite funcionam como um conjunto para fornecer expansão radial e um LARGE BEARING FOOTPRINT no lado cego da superfície unida. O colar de travamento assegura que a haste e luva permaneçam montadas durante carga e descarga conjunta. As luvas dos rebites são feitas de alumínio 5056, Monel® e INCO600. As hastes são feitas de liga de aço, CRES e INCO® x-750. Os rebites CherryMAX® têm resistência de cisalhamento final entre 50 KSI e 75 KSI.

Remoção de Rebites Cegos de Travamento Mecânico
 Rebites cegos de travamento mecânico são difíceis de remover porque são feitos com materiais fortes e duros. A falta de acesso é mais uma dificuldade para o técnico em manutenção de aeronaves. Estes rebites são projetados para e utilizados em locais de difícil acesso, o que significa que muitas vezes não exista acesso para o lado cego do rebite ou qualquer forma de apoio para a chapa de metal adjacente ao rebite quando se tentar removê-lo.

A haste está presa por um pequeno colar de travamento que deve ser removido primeiro. Uma broca centro pequena para criar uma guia para uma broca maior no topo da haste do rebite e fure a porção superior da haste para destruir a trava. Tente remover o anel de travamento usando um punção de ponta ou de

centro para baixar um pouquinho a haste e remover o anel. Após a remoção do anel de travamento a haste pode ser retirada com um punção DRIVE. Após a remoção da haste o rebite pode ser retirado da mesma forma que se retira um rebite sólido. Se possível apoie a parte de trás do rebite com uma barra de apoio para evitar danos no revestimento da aeronave.

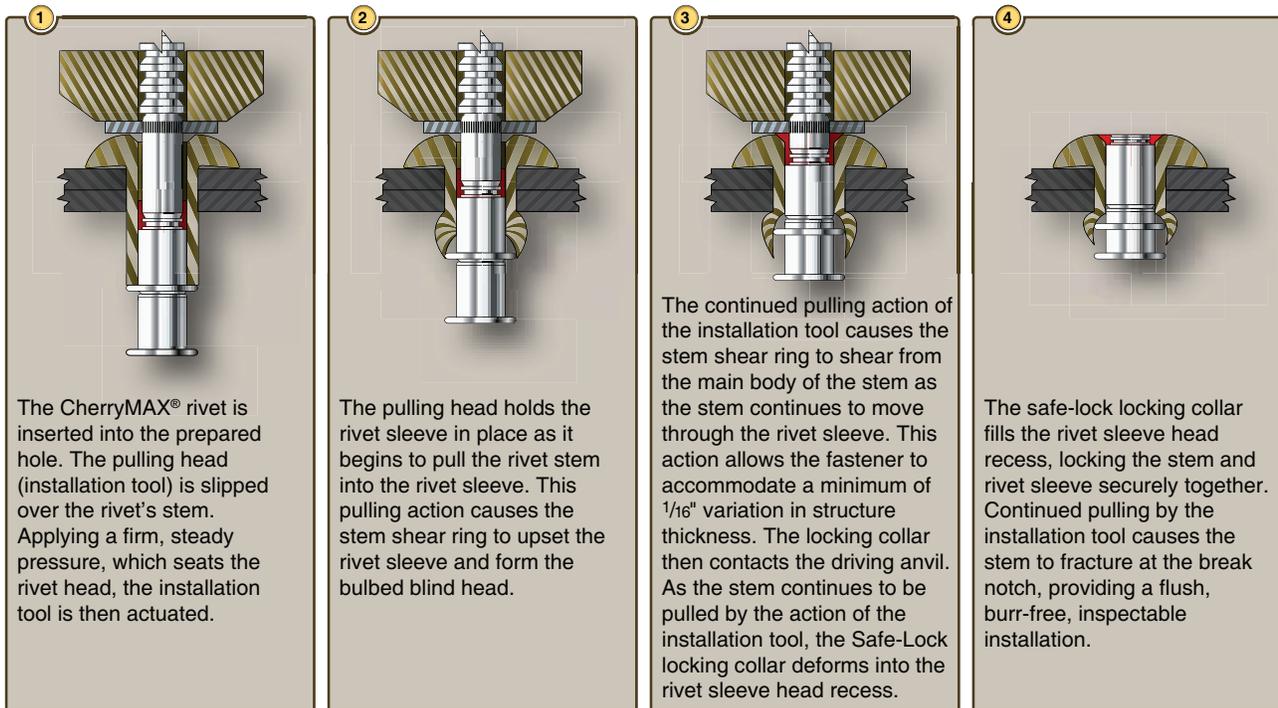
Sistemas de Fixação de Pinos (HIGH SHEAR FASTENERS)

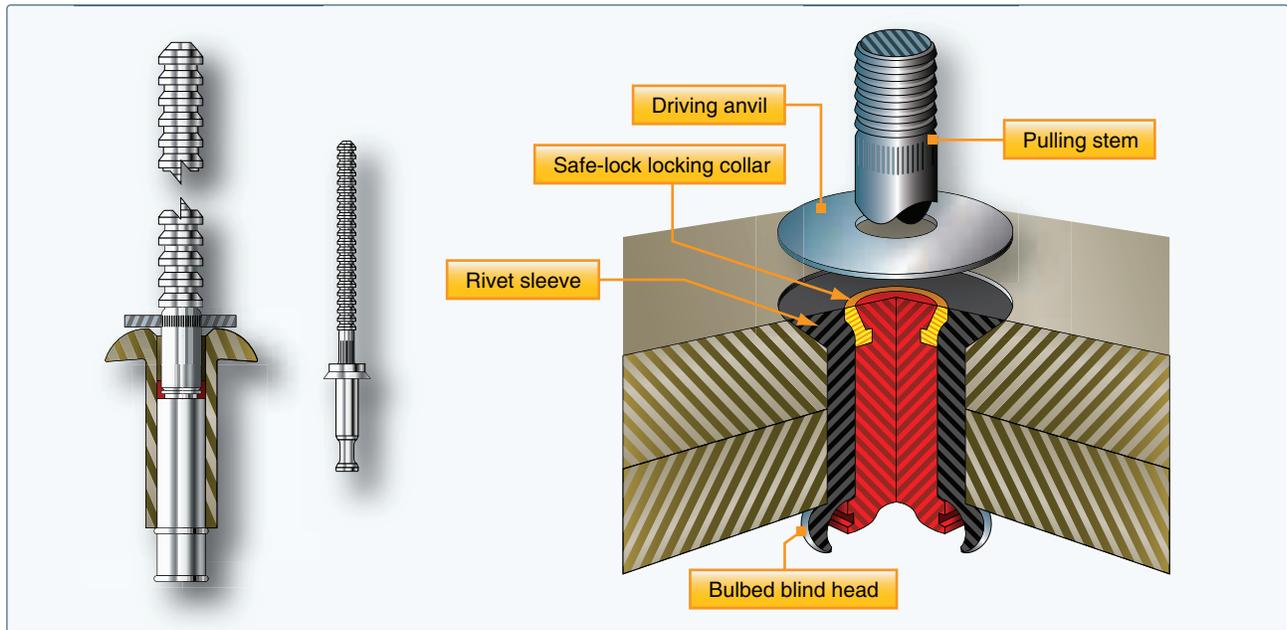
Um sistema de fixação de pinos, ou rebites de alto cisalhamento, é um prendedor de duas peças que consiste de um pino roscado e um colar. O colar é estampado na extremidade com ranhuras, criando um encaixe firme. Eles são, essencialmente, parafusos sem rosca.

Rebites HIGH SHEAR são instalados com barras de apoio padrão e martelos pneumáticos. Eles demandam o uso de um conjunto especial que incorpora o colar estampado, aparador e porta de descarga através da qual o excesso do colar é descarregado. É necessário um conjunto de tamanho diferente para cada diâmetro de haste.

Instalação de Prendedores HIGH-SHEAR

Prepare os furos para os rebites com o mesmo cuidado necessário para outros rebites ou parafusos de baixa





tolerância. Alguma vezes é necessário SPOT-FACE a área abaixo da cabeça do pino para assegurar que a cabeça do rebite fique bem encaixada no material. A área SPOT-FACE deve ser 1/16 maior que o diâmetro da cabeça. Os rebites PIN devem ser colocados em cada extremidade. Os procedimentos para se colocar um REBITE PIN a partir da extremidade do colar são:

1. Insira o rebite no furo.
2. Posicione a barra de apoio contra a cabeça do rebite.
3. Posicione o conjunto de rebite previamente selecionado e o martelo sobre o colar. Alinhe o martelo até que esteja perpendicular ao material.
4. Aperte o gatilho do martelo aplicando pressão no colar do rebite. Esta ação fará com que o colar do rebite SWAGE na ranhura na extremidade do rebite.
5. Continue com a ação até que o colar esteja bem formado e seu excesso seja aparado.

Procedimentos para se colocar um PIN RIVET a partir da cabeça são:

1. Insira o rebite no furo.

2. Deslize o colar pela cabeça saliente do rebite.
3. Insira o GUN RIVET SET do tamanho adequado em uma barra de apoio e posicione o conjunto contra o colar do rebite.
4. Aplique pressão contra a cabeça do rebite com um FLUSH RIVET SET e um martelo pneumático.
5. Continue a aplicar pressão até que o colar esteja formado na ranhura e o excesso de material do colar seja aparado.

Inspeção

Os REBITES PIN devem ser inspecionados em ambos os lados do material. A cabeça do rebite não deve estar marcada e estar bem apertada contra o material.

Remoção dos Rebites PIN

O método convencional de remoção dos rebites PIN pela furação da cabeça pode ser feito em qualquer extremidade do rebite. O uso de um punção centro é recomendado antes de se aplicar a pressão da furadeira. Em alguns casos métodos alternativos podem ser necessários:

- Afie uma aresta de cinzel de um punção pino pequeno em uma lâmina de 1/8 polegada de largura. Coloque esta ferramenta em ângulos retos ao colar e use um martelo para partir a

lateral do colar. Repita a operação no lado oposto. Então, com a lâmina do cinzel, remova o colar do rebite. Retire o rebite do furo.

- Use um punção oco especial se uma ou mais laminas forem colocadas para dividir o colar. Remova o colar da ranhura e então o rebite.
- Afie as lâminas de corte de um alicate. Corte o colar em duas partes ou use o alicate em ângulos retos do rebite e corte no SMALL NECK.
- Um HOLLOW-MILL cortador de colar pode ser usado em um martelo pneumático para cortar o colar e permitir que o rebite seja removido.

A família dos rebites PIN HIGH SHEAR inclui prendedores como o Hi-Lok®, Hi-Tigue® e Hi-Lite® feitos pela High-Shear Corporation e o CherryBUCK® 95KSI One-Piece Shear Pin e Cherry E-Z Buck® Shear Pin feitos pela Cherry® Aerospace.

Sistema Prendedores Hi-Lok®

O prendedor de duas peças Hi-Lok® com ponta de rosca tem um recesso de formato hexagonal. [Figura 4-105] A ponta hexagonal de uma chave Allen se encaixa no recesso para evitar a rotação do pino enquanto o colar está sendo instalado. O pino é projetado com dois estilos básicos de cabeça. Para aplicações de cisalhamento o pino é feito em estilo escareado e no estilo de cabeça compacta saliente. Para aplicações em tensão os estilos de cabeça escareada MS24694 e regular estão disponíveis.



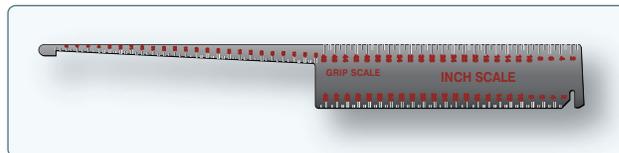
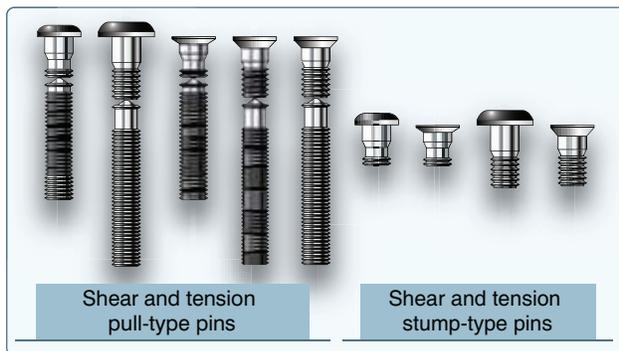
O colar Hi-Lok® de auto travamento rosqueado tem um rebaixo interno na base para acomodar variações da espessura do material. Na extremidade oposta do colar está um dispositivo de chave que é torcido pela ferramenta durante a instalação até que SHEAR OFF, assentando a porção inferior do colar com o torque correto sem inspeção adicional. Este ponto de SHEAR-OFF ocorre quando uma carga pré-determinada é alcançada durante a instalação.

As vantagens do prendedor Hi-Lok® de duas peças incluem seu pouco peso, alta resistência a fadiga, alta resistência e sua incapacidade de receber excesso de torque. Os PINS, feitos de liga de aço, aço resistente a corrosão, ou liga de titânio, tem diversos diâmetros de haste, tanto padrão como maiores. Os colares são feitos de liga de alumínio, aço resistente a corrosão, ou liga de aço. Os colares tem WRENCHING FLATS, ponto de fratura, roscas e um recesso. Os WRENCHING FLATS são usados para instalar o colar. O ponto de fratura foi projetado para permitir que os WRENCHING FLATS cisalhem quando o torque apropriado foi atingido. As roscas combinam com as roscas dos pinos e foram formadas em elipse que é distorcida para proporcionar a ação de travamento. O recesso serve como uma arruela embutida. Esta área contém uma porção da haste e a área de transição do prendedor.

O furo deve ser preparado de forma que a interferência máxima de encaixe não exceda 0,002 polegada. Isso evita uma excessiva pressão interna no trabalho adjacente ao furo. O pino Hi-Lok® tem um pequeno raio sob sua cabeça para aumentar a resistência a fadiga. Após a furação, remova as rebarbas da borda do furo para permitir que a cabeça fique bem assentada. O Hi-Lok® é instalado nos furos de encaixe de interferência nas estruturas de alumínio e em encaixe de folga em aço, titânio e materiais compósitos.

Sistema de Prendedores Hi-Tigue®

Os prendedores Hi-Tigue® oferecem todos os benefícios do sistema de prendedores Hi-Lok® juntamente com um incomparável BEAD DESIGN que aumenta o desempenho da estrutura com relação a fadiga, tornando-o ideal para situações que requeiram um encaixe de interferência controlado. A montagem do prendedor Hi-Tigue® consiste de um pino e um colar. Estes PIN RIVETS tem um raio na área de transição. Durante a instalação em um furo de encaixe de interferência a área do raio vai trabalhar o furo “a frio”. Estes sistemas de prendedores podem ser facilmente



confundidos e a referência visual não deve ser usada para identificação. Use os números de parte para identificar estes prendedores.

Sistema de Prendedores Hi-Lite®

O prendedor Hi-Lite® é similar em design e princípios ao prendedor Hi-Lok®, mas o prendedor Hi-Lite® tem uma área de transição menor entre a haste e o primeiro segmento de carga da rosca. O Hi-Lite® tem uma rosca a menos e todos os prendedores Hi-Lite® são feitos de titânio.

Estas diferenças reduzem o peso do prendedor Hi-Lite® sem diminuir a resistência de cisalhamento, mas as forças de aperto do Hi-Lite® são menores do que as do prendedor Hi-Lok®. Os colares Hi-Lite® também são diferentes, e assim não são intercambiáveis, dos Hi-Lok®. Os prendedores Hi-Lite® podem ser substituídos pelos prendedores Hi-Lok® na maioria das aplicações, mas o oposto não é verdadeiro.

Pino de Cisalhamento de Uma Peça CherryBUCK® 95KSI

O CherryBUCK® é um prendedor bimetálico, de uma única peça, que combina uma haste resistente ao cisalhamento 95 KSI com uma TAIL dútil de titânio-columbio. Estes prendedores são funcionalmente intercambiáveis com os prendedores de cisalhamento de duas peças 6A1-4V de liga de alumínio, mas com algumas vantagens. Seu design em uma única peça significa que não há dano por objeto estranho (FOD), tem 600°F de temperatura permissível e um perfil muito baixo da parte traseira.

Sistemas de Prendedores Lockbolt

Pioneiro nos anos 40 o LOCKBOLT é um prendedor de duas peças que combina as características de um parafuso de alta resistência e um rebite, com vantagens sobre os dois. [Figura 4-106]. Em geral, um

LOCKBOLT é um prendedor não expansível que tem tanto um colar estampado em ranhuras de travamento anulares em uma haste de pino ou em um tipo de colar rosqueado que trava no lugar. Disponível em cabeças salientes ou escareadas, os LOCKBOLTS são um tipo de prendedor permanente que consistem em um pino e um colar.

Um LOCKBOLT é similar a um rebite comum em que o colar de travamento, ou porca, é fraco em tensão e de difícil remoção depois de instalado. Alguns LOCKBOLTS são similares a rebites cegos e podem ser completamente instalados de um lado só. Outros são alimentados com a cabeça manufaturada no lado distante. A instalação é completada no lado próximo com uma pistola similar a uma pistola para rebites cegos. O LOCKBOLT é de instalação mais rápida e fácil do que um rebite convencional ou parafuso e elimina o uso de arruelas de pressão, contrapinos, e porcas especiais. O LOCKBOLT é normalmente usado em acessórios de emenda da asa (WING SPLICE FITTINGS), acessórios do trem de pouso, acessórios da célula de combustível, longarinas, vigas, placas de emenda de revestimento, e outras ligações estruturais principais.

Frequentemente chamados HUCKBOLTS, os LOCKBOLTS são fabricados por empresas como a Cherry® Aerospace (Cherry® Lockbolt), Alcoa Fastening Systems (Hucktite® Lockbolt System) e SPS Technologies. Usado primariamente em estruturas altamente tensionadas que necessitam de altos valores de cisalhamento e CLAMP UP do que podem ser obtidas com rebites, e os LOCKBOLTS e Hi-lok® são frequentemente usados para aplicações semelhantes. Os LOCKBOLTS são feitos em diversos estilos de cabeça, ligas e acabamentos.

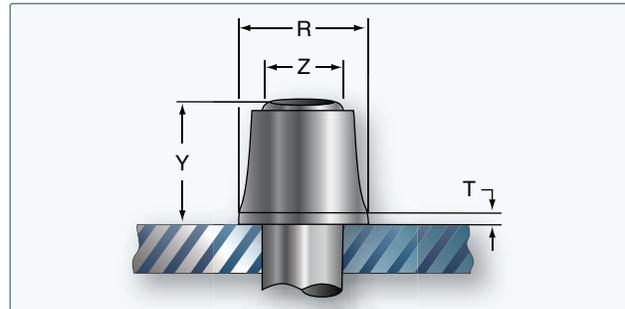
O LOCKBOLT exige um martelo pneumático ou uma PULL GUN para instalação. Os LOCKBOLTS tem seu próprio medidor de aperto e uma ferramenta de instalação é necessária. [Figura 4-107] Quando instalado, o LOCKBOLT fica no lugar de forma rígida e permanente. Três tipos de LOCKBOLTS são comumente utilizados: do tipo de puxar, do tipo cepo (toco) e do tipo cego.

O LOCKBOLT do tipo de puxar é principalmente usado em aeronaves e estruturas primárias e secundárias. É instalado muito rapidamente e tem aproximadamente metade do peso de porcas e parafusos de aço AN equivalentes. Uma pistola pneumática especial é necessária para a instalação deste tipo de LOCKBOLT, que pode ser realizada por um operador, caso não seja necessário apoio.

O LOCKBOLT do tipo cepo (toco), embora não tenha a haste estendida com sulcos PULL é um prendedor associado ao LOCKBOLT do tipo de puxar. Ele é colocado com um martelo hidráulico do tipo padrão, com um conjunto em anexo para estampar o colar nas ranhuras de travamento do pino, e uma barra de apoio.

O LOCKBOLT do tipo cego vem como uma unidade completa de montagem, tem resistência excepcional e características de união das chapas. Os LOCKBOLTS do tipo cego são usados onde se tem acesso a apenas um lado do trabalho e normalmente onde é difícil a colocação de um rebite convencional. Este tipo de LOCKBOLT é instalado de forma similar ao do tipo de puxar.

Os pinos dos LOCKBOLTS do tipo de puxar e cepo são feitos de liga de aço tratadas termicamente ou liga de alumínio de alta resistência. Os colares são feitos de liga de alumínio ou aço macio. Os LOCKBOLTS do tipo cego consistem em um pino de liga de aço termicamente tratado, uma luva cega, preenchimento da

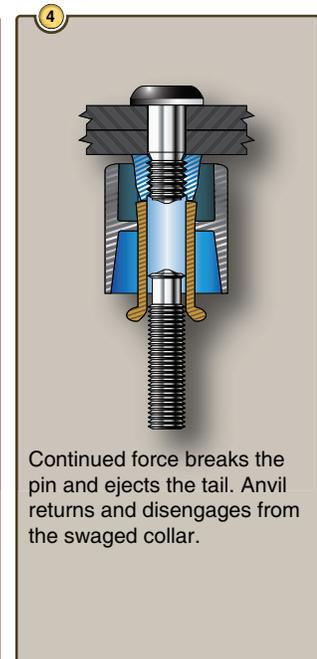
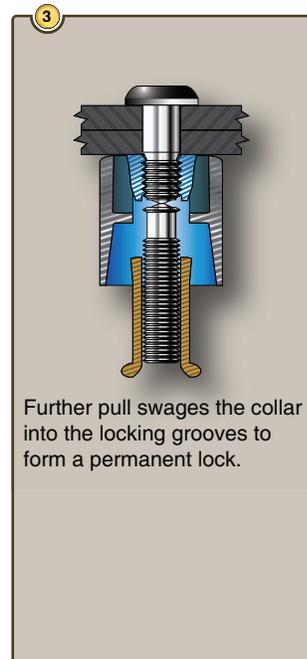
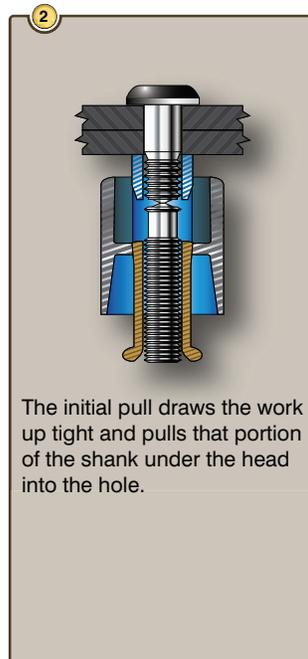
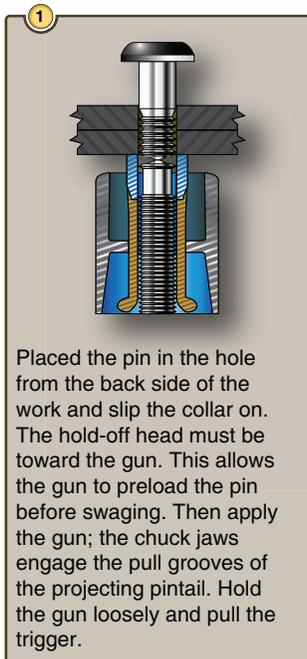


Lockbolt/Collar Acceptance Criteria				
Nominal Fastener Diameter	Y	Z (Ref.)	R Max.	T Min.
5/32	.324/.161	.136	.253	.037
3/16	.280/.208	.164	.303	.039
1/4	.374/.295	.224	.400	.037
5/16	.492/.404	.268	.473	.110
3/8	.604/.507	.039	.576	.120

luva, colar de aço macio e uma arruela de aço carbono.

Os prendedores são usados em aplicações de tensão e cisalhamento. O tipo de puxar é mais comum e pode ser instalado por apenas uma pessoa. O tipo cepa requer duas pessoas para a instalação. Uma ferramenta de montagem é usada para estampar o colar nas ranhuras serrilhadas do pino e quebrar a haste rente ao topo do colar.

O jeito mais fácil de diferenciar os pinos de tensão e



cisalhamento é o número de ranhuras de travamento. Os pinos de tensão tem normalmente quatro ranhuras de travamento e os pinos de cisalhamento tem duas ranhuras de travamento. A ferramenta de instalação pré-carrega o pino enquanto estampa o colar. O excedente no final do pino, chamado de PINTAIL, é quebrado.

Procedimento de Instalação

A instalação de LOCKBOLTS requer furação correta. A preparação do furo para um LOCKBOLT é similar a preparação do furo para um Hi-Lok®. Um ajuste de interferência é tipicamente usado para alumínio e um ajuste de folga é usado para aço, titânio e materiais compósitos. [Figura 4-108]

Inspeção do LOCKBOLT

Após a instalação o LOCKBOLT deve ser inspecionado para que se determine se a instalação foi satisfatória. [Figura 4-109]. Inspeção o LOCKBOLT conforme segue:

1. A cabeça deve estar firmemente asentada.
2. O colar deve estar apertado contra o material e ter tamanho e formato apropriados.
3. A protusão do pino deve estar dentro dos limites.

Remoção do Lockbolt

A melhor forma de se remover um lockbolt é remover o colar e retirar o pino. O colar pode ser removido com uma cortador especial de colar ligado a uma furadeira que cortará o colar sem danificar o revestimento. Se isso não for possível uma talhadeira de colar ou um pe-

queno cinzel podem ser utilizados. Use um bloco de apoio na parte de trás para evitar alongamento do furo.

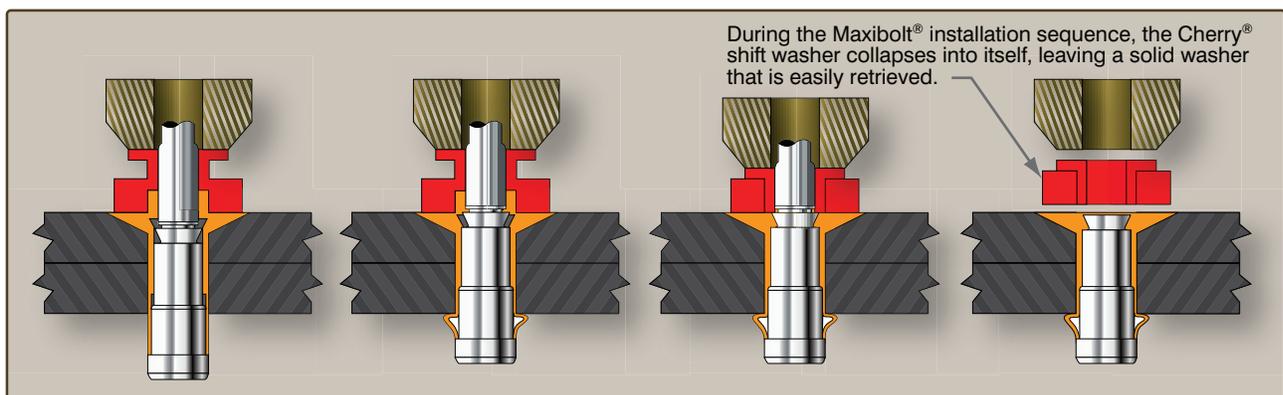
Sistema de Prendedor Eddie-Bolt® 2

O Eddie-Bolt® 2 é parecido com o Hi-Lok®, mas tem cinco ranhuras, espaçadas regularmente, ao longo da porção da área de rosca do pino. Um colar rosqueado se deforma nas ranhuras, em um torque predeterminado, e trava o colar no lugar. O colar pode ser desatarrachado usando-se uma ferramenta especial. Este sistema de prendedor pode ser utilizado em furos com ajuste de interferência ou ajuste de folga.

Parafusos Cegos

Parafusos são prendedores rosqueados que suportam cargas em furo pré-furados. Os parafusos hexagonais, de tolerância mínima e chave interna são usados em aplicações estruturais de aeronaves. Os parafusos cegos têm maior resistência do que os rebites cegos e são usados em junções que exijam alta resistência. Algumas vezes estes parafusos podem ser substitutos diretos de Hi-Lok® e lockbolts. Muitos parafusos cegos de nova geração são feitos de titânio e classificados com resistência de cisalhamento de 90 KSI, o que é duas vezes maior que a dos rebites cegos.

Determinar o comprimento correto de um prendedor é fundamental para a instalação correta. O comprimento de pega de um parafuso é a distância entre a superfície abaixo da cabeça e a primeira rosca. A pega é a espessura total do material que será unido pelo parafuso. A distância de pega ideal deveria ser uns centésimos de polegada menor do que a pega real para evitar afundar a porca. Medidores especiais de pega são inseridos no furo para determinar o comprimento do parafuso cego que será usado. Todo sistema de parafuso cego tem seu próprio medidor de pega que não é intercambiável



com outros sistemas de parafusos ou rebites cegos.

Parafusos cegos são de difícil remoção devido a dureza do núcleo do parafuso. Um kit especial de remoção está disponível com os fabricantes para remover cada

tipo de parafuso cego. Estes kits facilitam a remoção do parafuso cego sem danificar o furo ou a estrutura. Parafusos cegos estão disponíveis nos tipos PULL TYPE e DRIVE TYPE.

Parafuso Cego PULL TYPE

Diversas empresas fabricam os parafusos cegos PULL TYPE. Eles diferem em alguns aspectos de design, mas no geral todos têm funções similares. O PULL TYPE usa o conceito de DRIVE NUT e é composto por porca, luva e DRAW BOLT. Os sistemas de parafuso cego frequentemente utilizados incluem, mas não são limitados, o sistema Cherry Maxibolt® Blind Bolt e os prendedores HuckBolt®, sendo que deste último fazem parte os sistemas de parafuso cego Ti-Matic® Blind Bolt e o Unimatic® Advanced Bolt (UAB).

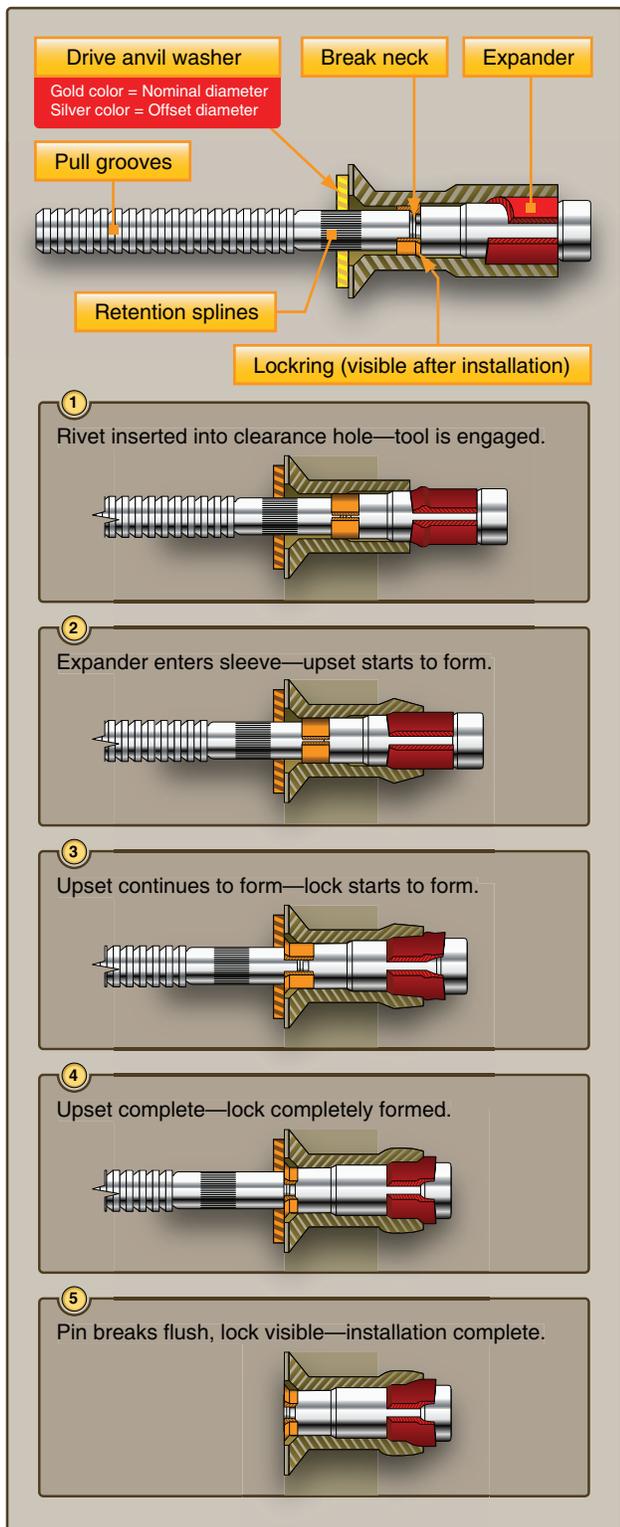
Sistema de Parafuso Cego Cherry Maxibolt®

O parafuso cego Cherry Maxibolt®, disponível em liga de aço e em A-286 CRES, vêm em quatro estilos de cabeça nominais e sobretamanhos. [Figura 4-110] Os três diâmetros são instalados com uma ferramenta e PULLING HEAD. Os parafusos cegos criam uma impressão maior do no lado cego e tem um desempenho excelente em aplicações não metálicas e em chapas finas. A quebra da haste para nivelamento elimina a necessidade de raspagem enquanto que a faixa de pega estendida acomoda diferentes espessuras de aplicação. Os Cherry Maxibolts® são usados primariamente em estruturas onde são necessárias altas cargas. A versão em aço é o 112 KSI de cisalhamento. A versão A286 é o 95 KSI de cisalhamento. São necessárias ferramentas de instalação para a instalação dos Cherry® G83, G84 e G704.

Sistema de Parafuso Cego Huck

O parafuso cego Huck é um prendedor de altas resistência a vibração. [Figura 4-111] Estes parafusos têm sido usados com sucesso em muitas áreas críticas, tais como entradas de motor e aplicações de ponta. Todos os prendedores são instalados com uma combinação de ferramentas manuais, pneumáticas, pneumáulicas ou hidráulicas do tipo PULL TYPE (não de rosca) para facilitar a instalação.

Os parafusos cegos Huck podem ser instalado em superfícies com ângulo de lado cego de até 5° sem prejuízo no desempenho. A haste é travada mecanicamente para que tenha resistência a vibração e instalação livre de FOD. O colar de travamento é forçado dentro de





um bolso cônico entre a haste e a luva, criando alta capacidade de tração. O colar de travamento preenche o bolso de travamento da luva para evitar vazamento ou corrosão dos bolsos (corrosão intersticial)

Parafusos cegos de cabeça plana são projetos para instalação com quebra da haste, o que frequentemente necessita que um aparo seja realizado em superfícies aerodinâmicas. O parafuso cego Huck está disponível em A286 CRES de alta resistência e cisalhamento de 95KSI, nos tamanhos de 5/32 polegada até 3/8 polegada de diâmetro, tensão de nivelamento 100° e cabeça protusa. Também estão disponíveis cabeças niveladas de cisalhamento em 3/16 polegada de diâmetro. Os parafusos cegos Huck A286 CRES estão disponíveis em sobretamanhos de 1/64 polegada para aplicações em reparos.

Parafuso Cego DRIVE NUT-TYPE

Os prendedores Jo-bolts, Visu-lok®, Composi-Lok®, OSI Bolt® e Radial-Lok® utilizam o conceito DRIVE NUT e são compostos por porca, luva e DRAW BOLT. [Figura 4-112]. Estes tipos de parafusos cegos são usados para aplicações de alta resistência em metais e compósitos quando não há acesso ao lado cego. Disponíveis em aço e ligas de titânio são normalmente instalados com ferramentas especiais, tanto manuais como elétricas. Durante a instalação a porca é manti-

da estacionária quanto que o parafuso central é girado pela ferramenta de instalação. A rotação do parafuso central puxa a luva para a posição instalada e continua a reter a luva no prendedor. O parafuso tem fio de rosca para a esquerda e DRIVING FLATS no final da rosca. Um rompimento de alívio permite que uma porção do parafuso seja quebrada quando a luva estiver adequadamente instalada. Estes tipos de parafusos estão disponíveis em muitos tipos diferentes de estilo de cabeça, incluindo cabeça saliente, cabeça nivelada 100°, cabeça nivelada 130° e cabeça hexagonal.

Use o medidor de pega disponível para o tipo de prendedor e selecione a pega do parafuso após determinar cuidadosamente a espessura do material. A pega do parafuso é um fator crítico para a instalação correta. [Figura 4-113]

Procedimento de instalação:

1. Coloque o prendedor do furo e então as ferramentas de instalação sobre o parafuso (haste) e porca.
2. Aplique torque ao parafuso com a ferramenta de instalação enquanto mantém a porca estacionária. O parafuso continua a avançar pelo corpo da porca fazendo com que a luva seja puxada sobre o nariz afilado da porca. Quando a luva estiver bem apertada contra o lado cego da estrutura, o parafuso irá se quebrar na ranhura de quebra. A haste dos prendedores Jo-bolts, Visu-lok® e Composi-Lok® II não quebram rente a cabeça. Uma ferramenta deve ser utilizada se for necessário este nivelamento. As hastes dos novo Composi-Lok3® e OSI Bolt® quebram.

Parafuso de Haste Cônica

Os parafusos de haste cônica, como os Taper-Lok®

são muito leves, tem alta resistência de cisalhamento ou tensão. Este parafuso tem a haste cônica desenhada para proporcionar um ajuste de interferência na instalação. Parafusos de haste cônica podem ser identificados por uma cabeça redonda (ao invés de fendas para chaves de fendas ou WRENCH FLATS) e são rosqueados. O Taper-Lok® é composto de uma haste cônica e afilada, instalado em um furo de precisão cônico. O uso de parafusos de haste cônica é limitado a aplicações especiais tais como áreas de alta pressão ou tanques de combustível. É importante que um parafuso cônico não seja substituído por nenhum outro tipo de prendedor em reparos. Também é importante que nenhum outro tipo de prendedor por um parafuso cônico.

Os parafusos de haste cônica parecem similares aos parafusos Hi-Lok® após a instalação, mas os parafusos de haste cônica não tem a o recesso hexagonal na extremidade rosqueada do parafuso. Os parafusos de haste cônica são instalados em furos escareados com precisão, com um ajuste de interferência controlado. O ajuste de interferência comprime o material ao redor do furo, resultando em uma excelente transferência de carga, resistência a fadiga e vedação. O colar utilizado com os parafusos de haste cônica tem uma arruela cativa, e não são necessárias arruelas extras. A instalação de um parafuso de haste cônica novo, ou o retrabalho de furos para parafusos de haste cônica precisa ser feito por profissionais treinados. Quando instalados corretamente estes parafusos ficam bem apertados e não giram quando se aplicar torque a porca.

Parafusos Luva

Os parafusos luva são utilizados para propósitos similares aos dos parafusos de haste cônica, mas são mais fáceis de instalar. Os parafusos luva, como o SLE-EVbolt® de duas partes consiste de um parafuso de haste cônica e uma luva expansível. A luva tem a parte interna cônica e a parte externa reta. O parafuso luva é instalado em um furo reto de tolerância padrão. Durante a instalação o parafuso é forçado na luva. Esta ação expande a luva que preenche o furo. É mais fácil se fazer um furo de tolerância reta do que um furo cônico necessário para um parafuso de haste cônica.

Porca Rebite

A porca rebite é um rebite cego, com rosca interna, inventando em 1936 pela Goodrich Rubber Company, com o objetivo de ligar um descongelador de borracha da asa com o bordo de ataque da asa. A porca rebite original é a Rivnut®, atualmente fabricada pela Bolhoff Rivnut Inc. A Rivnut® se tornou amplamente

utilizada nos mercados militar e aeroespacial por causa das suas diversas vantagens de design e montagem. Porcas rebite são utilizadas para a instalação de FAIRINGS, TRIM e acessórios com pouca carga que devem ser instalados após a montagem estar completa. [Figura 4-114] Frequentemente utilizado para partes que sejam removidas com frequência, a porca rebite está disponível em dois tipos: escareada ou com cabeça chata. Instalado por cravamento de um lado, a porca rebite proporciona um furo rosqueado no qual parafusos podem ser instalados. Quando um ajuste plano é necessário pode-se usar o estilo escareado. Porcas rebite feitas de liga de aço são usadas quando se precisa de uma maior resistência a tensão e cisalhamento.

Preparação do Furo

Porcas rebite de cabeça chata precisam apenas do furo de tamanho correto enquanto que as de instalação plana podem ser feitas tanto com um furo escareado como com um revestimento rebaixado. Os metais mais finos do que a cabeça da porca rebite precisam de rebaixamento. O tamanho da porca rebite é selecionado de acordo com a espessura do material e o tamanho do parafuso que será utilizado. O número de parte identifica o tipo de porca rebite e o tamanho de pega máximo. Os tamanhos de furos recomendados são mostrados na Figura 4-115.

Rivnut® Size	Drill Size	Hole Tolerance
No. 4	5/32	.155-.157
No. 6	#12	.189-.193
No. 8	#2	.221-.226

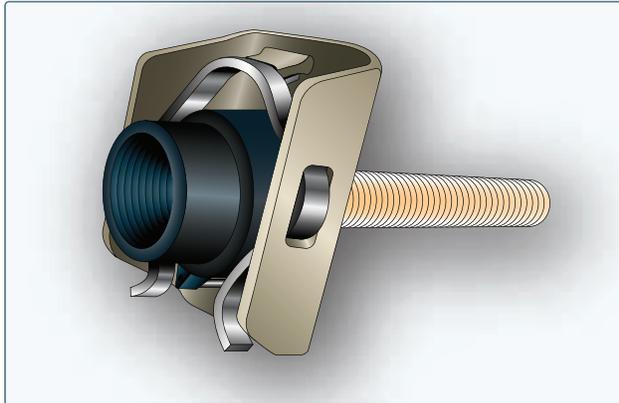
A instalação correta exige uma boa preparação do furo, a remoção de rebarbas, e de que as chapas sejam mantidas em contato. Como qualquer prendedor de chapas de metal a porca rebite deve ficar bem ajustada no furo.

Prendedores Cegos (Não Estruturais)

Rebites Pop

Os rebites pop PULL TYPE, produzidos para aplicações não relacionadas a aeronáutica, não são aprovados para uso em estruturas ou componentes de aeronaves certificadas. Contudo, algumas aeronaves de construção doméstica não certificadas usam rebites PULL TYPE na sua estrutura. Estes tipos de rebites são tipicamente feitos de alumínio e podem ser instalados com ferramentas manuais.

PULL THROUGH Placa de Porca de Rebite Cego
Rebites cegos de placa de porca são usadas quando não é necessária a resistência ao alto cisalhamento ou quando não há acesso para a instalação de rebites sólidos. O rebite cego de 3/32 polegada de diâmetro é o mais frequentemente utilizado. A placa de porca do rebite cego está disponível para PULL THROUGH ou SELF PLUGGING LOCKED SPINDLE. [Figura 4-116]



Os novos Cherry® Rivetless Nut Plate, que substituiu as placas de porca rebitadas padrão apresentam um retentor que não necessita de FLARING. Este design elimina a necessidade de dois furos adicionais de rebite, assim como os passos de fresagem, rebaixamento ou escareamento.

Processo de Conformação

Antes de uma parte ser unida a aeronave durante sua fabricação ou reparo ela precisa ser modelada para que se encaixe no seu lugar. Este processo de modelagem é chamado de conformação e pode ser um processo simples, como fazer um ou dois furos para a união das peças, ou um processo complexo, como a confecção de formas com curvas complexas. A conformação, que tende a mudar o formato ou contorno de uma chapa plana ou uma forma extrudada, é realizada tanto pelo alongamento como pelo encolhimento do material em uma certa área para se produzir curvas, flanges, e várias formas irregulares. Como a operação envolve a alteração do formato do material, a quantidade de encolhimento ou alongamento depende quase (aquecidos ou resfriados) podem suportar consideravelmente mais alongamento ou encolhimento e podem ser conformados em raios bem menores do que quando em condições de temperatura.

Quando as partes de uma aeronave são conformadas em uma fábrica este processo é feito em prensas gran-

des ou por martelos de queda equipados com moldes do formato correto. Os engenheiros da fábrica, que designaram as especificações para os materiais a ser utilizados planejam cada peça para assegurar que as peças acabadas tenham a tempera correta quando saírem das máquinas. Os desenhistas da fábrica prepararam o layout de cada parte. [Figura 4-117]



Os processos de conformação usado nas linhas de voo e aqueles praticados nas oficinas de manutenção e reparo não podem duplicar os recursos dos fabricantes, mas técnicas similares ao trabalho com metal na fábrica podem ser aplicados na confecção de partes para o reparo.

A conformação normalmente envolve o uso de ligas muito leves, de uma natureza delicada, que podem facilmente ser inutilizadas se o trabalho for grosseiro ou negligente. Uma parte conformada pode parecer perfeita por fora mesmo que o erro em uma etapa no procedimento de conformação possa deixar a parte defeituosa. Tal defeito pode antecipar a fadiga ou pode causar uma súbita falha estrutural.

De todos os metais para aeronaves o alumínio puro é o de mais fácil conformação. Nas ligas de alumínio a facilidade de conformação varia de acordo com a condição da temperatura. Como as aeronaves modernas são construídas principalmente de alumínio ou ligas de alumínio esta seção lida com os procedimentos para a conformação de peças de alumínio e suas ligas, com uma breve discussão sobre o trabalho em aço inoxidável, magnésio e titânio.

A maioria das partes pode ser conformada sem o recozimento do metal, mas se extensivas operações de conformação, tais como DEEP DRAWS (grandes dobras) ou curvas complexas são planejadas o metal

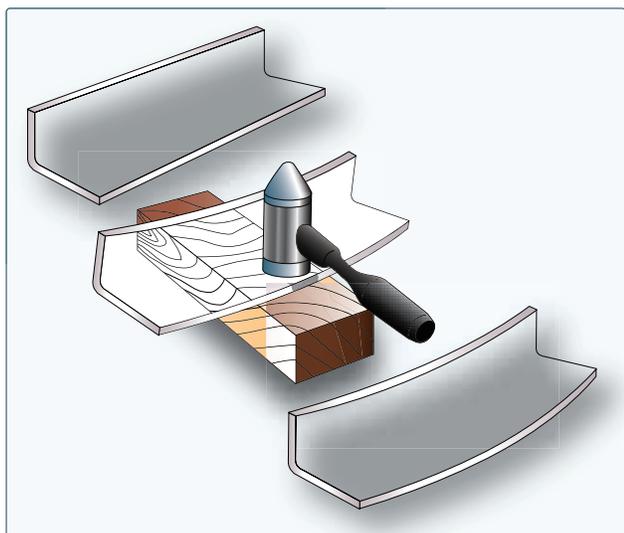
deve estar na condição recozida ou DEAD SOFT. Durante a conformação de algumas partes complexas as operações podem ser paralizadas e o metal recozido antes que o processo possa continuar ou ser completada. Por exemplo, a liga 2024 na condição “0” pode ser conformada em quase qualquer formato pelas condições normais de conformação, mas devem receber tratamento térmico depois.

Operações e Termos de Conformação

A conformação exige o alongamento ou o encolhimento do metal, ou algumas vezes ambos. Outros processos utilizados para conformar o metal incluem golpeamento, CRIMPING e dobragem.

Alongamento

O alongamento do metal é realizado por martelamento ou laminação sob pressão. Por exemplo, o martelamento de uma peça plana de metal faz com que o material, na área martelada, fique mais fino. Como a quantidade de metal não diminui, o metal foi alongado. O processo de alongamento produz chapas de metal mais finas, alongadas e curvas. É importante que o metal não seja esticado demais, para não ficar fino demais e fazer com que a chapa de metal não REBOUND (RESSALTAR / RECUAR) facilmente. [Figura 4-118]



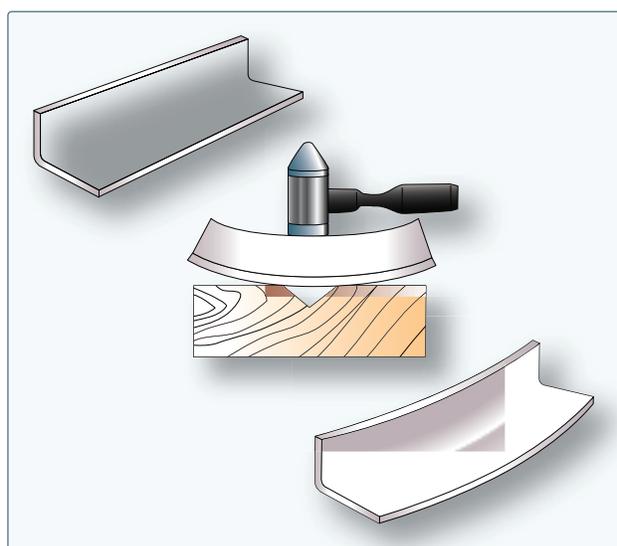
O alongamento de uma parte da peça de metal afeta o material adjacente, especialmente no caso de ângulos conformados ou extrudados. Por exemplo, martelar o metal no flange horizontal da faixa de ângulo sobre um bloco de metal faz com que o seu comprimento

auge (alongue), tornando aquela sessão mais longa do que a seção perto da dobra. Para permitir esta diferença de comprimento o flange vertical, que tende a se manter próximo da dobra por alongamento, seria forçado a se curvar mais além pelo maior comprimento.

Encolhimento

O encolhimento do metal é muito mais difícil que o alongamento. Durante o processo de encolhimento o metal é forçado ou comprimido em uma área menor. Este processo é utilizado quando o comprimento da peça de metal, especialmente na parte interna de uma curva, deve ser reduzida. A chapa de metal pode ser encolhida por martelação em um bloco-V ou por CRIMPING e então se utilizar um bloco de encolhimento.

Para curvar um ângulo formado pelo método do bloco V coloque o ângulo no bloco V e martele suavemente para baixo contra a borda superior diretamente sobre o “V”. Enquanto martela mova a angulo para frente e para trás sobre o bloco V para comprimir o material ao longo da borda superior. A compressão do material ao longo da borda superior do flange vertical fará com que o angulo formado assuma um formato curvo. O material no flange horizontal apenas dobrará um pouco no centro, e o comprimento do flange permanecerá o mesmo. [Figura 4-119]

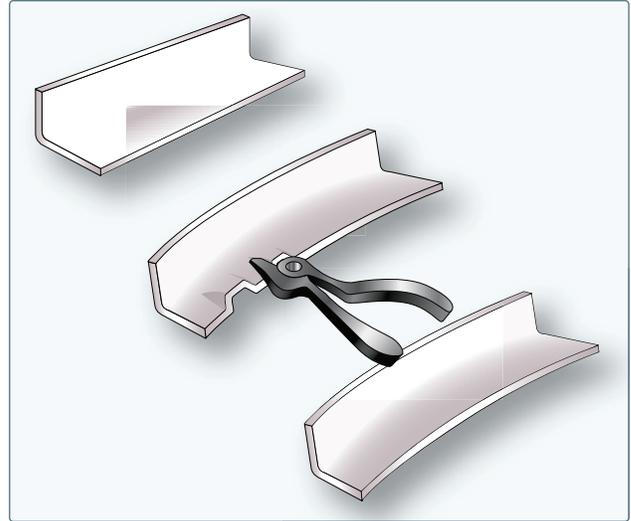


Para se fazer uma curva acentuada ou uma dobra acentuada de angulo de flange, CRIMPING e um bloco de encolhimento podem ser usados. Neste processo os CRIMPS (FRISOS) são colocados em um flange, e então por martelamento do metal no bloco de enco-

lhimento os CRIMPS são encolhidos, um de cada vez. O encolhimento a frio exige a combinação de uma superfície dura, tal como madeira ou aço, e uma marreta macia ou martelo porque uma marreta de aço sobre uma superfície dura estica o metal, ao invés de encolhê-lo. Quanto maior a face da marreta, melhor.

Golpeamento

O golpeamento envolve modelar ou conformar metal maleável por martelamento ou pancadas – normalmente com uma marreta de borracha, plástico ou couro cru. Durante este processo o metal é apoiado por um uma BONECA (DOLLY), saco de areia ou uma forma. Cada uma contém uma depressão na qual as porções marteladas do metal podem afundar. O golpeamento pode ser feito manualmente ou por máquinas.



CRIMPING

CRIMPING é dobrar, formar pregas, ou corrugar um pedaço de chapa de metal de um jeito que encurte-a ou virar um flange em um SEAM. É frequentemente usado para fazer uma extremidade de uma peça de STOVE PIPE levemente menor para que uma seção possa ser deslizada para dentro da outra. CRIMPING um lado de uma peça estreita de ferro de angulo com alicates CRIMPING faz com que ele se curve. [Figura 4-120]

LAYOUT E CONFORMAÇÃO

Terminologia

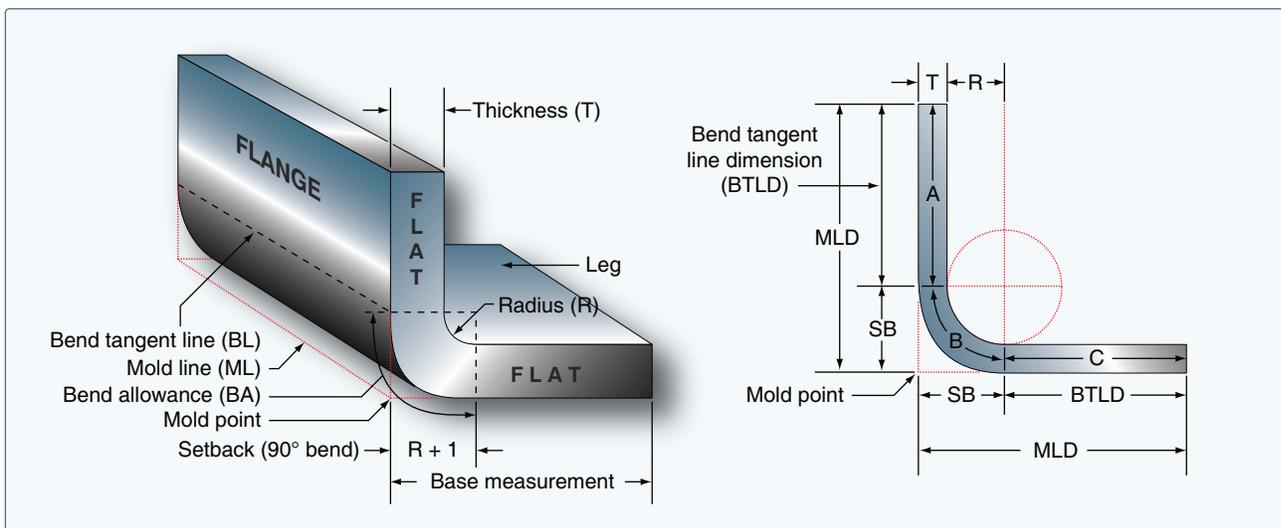
Os seguintes termos são comumente utilizados na conformação de chapas de metal em um padrão plano. A familiaridade com estes termos auxiliará no entendimento de como os cálculos de dobras são utilizados nas operações de dobragem. A Figura 4-121 ilustra a maioria destes termos.

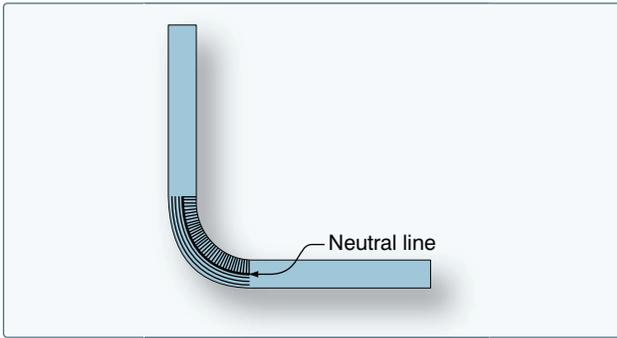
Dobrando Chapas de Metal

A dobra de chapas de metal é para se fazer uma dobra ou vinco em chapas, placas ou folhas. Dobras são normalmente consideradas como curvas angulares e acentuadas e são normalmente feitas por máquinas de dobrar tais como a BOX AND PAN BRAKE discutida anteriormente neste capítulo.

A medição de base – as dimensões externas de uma parte conformada. A medição de base é dada no desenho ou projeto e pode ser obtida a partir da peça original.

Perna – a parte mais longa do ângulo que é formado.
Flange – a parte mais curta do ângulo formado – o





oposto da perna. Se cada lado do ângulo tiver o mesmo comprimento, então cada lado é conhecido como uma perna.

Grão do metal – o grão natural do material é formado quando a chapa é laminada do lingote derretido. As linhas de dobra devem ser feitas para ficar a 90° de ângulo do grão do metal, se possível.

Tolerância de dobra (BA) – se refere a seção curva do metal dentro da dobra (a porção do metal que é curvada na dobra). A tolerância de dobra pode ser considerada como sendo o comprimento da porção curva da linha neutra.

Raio da curvatura – o arco que é formado quando a chapa de metal é dobrada. Este arco é chamado de raio da curvatura. O raio da curvatura é medido do centro do raio para a superfície interna do metal. O raio da curvatura mínimo depende da temperatura, espessura e tipo de material. Sempre use uma tabela de raio de curvatura mínimo para determinar o raio de curvatura mínimo para a liga que está sendo utilizada.

Os quadros de raio de curvatura mínimo podem ser encontrados nos manuais de manutenção dos fabricantes.

Linha tangente da dobra (BL) – o local onde o metal começa a ser curvar e a linha na qual o metal para de se curvar. Todo o espaço entre as linhas tangentes da banda é a tolerância de dobra.

Eixo neutro – uma linha imaginária que tem o mesmo comprimento após a dobra do que tinha antes da dobra. [Figura 4-122] Após a dobra a área de dobra é de 10 a 15% mais fina do que antes da dobra. Este adelgaçamento da área da dobra move a linha neutra do metal em direção ao centro do raio. Para propósitos de cálculo normalmente se considera que o eixo neutro é localizado no centro do material, embora que o eixo neutro não seja exatamente no centro do material.

Contudo, a quantidade de erro que isso ocasiona é tão pequena que, na maioria dos trabalhos, considerar que seja no centro é satisfatório.

Linha de molde (ML) – uma extensão do lado plano de uma parte além do raio.

Dimensão da linha de molde (MLD) – a dimensão de uma parte feita pela intersecção das linhas de molde.

É a dimensão que a parte teria se os cantos não tivessem raio.

Ponto de molde – é o ponto de intersecção das linhas de molde. O ponto de molde seria o canto externo da parte se não existisse raio.

Fator K – o percentual de espessura do material onde não há alongamento ou encolhimento do material, tal como o eixo neutro. Esta porcentagem foi calculada e é um dos 179 números da tabela K, correspondendo a um dos ângulos entre 0° e 180° em que o metal pode ser dobrado. [Figura 4-123] Sempre que metal é dobrado, em qualquer ângulo diferente de 90° (o fator K de 90° é igual a 1), o número correspondente do fator K é selecionado da tabela e multiplicado pela soma do raio (R) e a espessura (T) do metal. O produto é a quantidade de recuo (setback) da dobra. Se uma tabela K não estiver disponível, o fator K pode ser calculado com uma calculadora usando-se a seguinte fórmula: o valor de K é a tangente da metade do ângulo de dobra.

Recuo (setback) (SB) – a distância dos JAWS de um BRAKE devem ser estabelecidos da linha de molde para formar a dobra. Em uma dobra de 90° $SB = R + T$ (raio da dobra mais a espessura do metal). A dimensão do recuo deve ser determinada antes de se fazer a dobra porque o recuo é usado para se determinar a localização do início da linha de tangência da dobra. Quando uma parte tem mais do que uma dobra o recuo dever ser subtraído de cada uma. A maioria das dobraduras em chapas de metal são de 90°. O fator K deve ser usado para todas as dobraduras que são menores ou maiores que 90°.

$$SB = K (R+T)$$

Linha de visão – também chamada de linha de curva ou quebra, é a linha de layout do metal sendo formada que é alinhada com o NOSE do BRAKE e serve como guia para o trabalho de dobra.

Parte chata – é a porção que não está incluída na dobra. É igual a medida da base (MLD) menos o recuo.

Degree	K	Degree	K	Degree	K	Degree	K	Degree	K
1	0.0087	37	0.3346	73	0.7399	109	1.401	145	3.171
2	0.0174	38	0.3443	74	0.7535	110	1.428	146	3.270
3	0.0261	39	0.3541	75	0.7673	111	1.455	147	3.375
4	0.0349	40	0.3639	76	0.7812	112	1.482	148	3.487
5	0.0436	41	0.3738	77	0.7954	113	1.510	149	3.605
6	0.0524	42	0.3838	78	0.8097	114	1.539	150	3.732
7	0.0611	43	0.3939	79	0.8243	115	1.569	151	3.866
8	0.0699	44	0.4040	80	0.8391	116	1.600	152	4.010
9	0.0787	45	0.4142	81	0.8540	117	1.631	153	4.165
10	0.0874	46	0.4244	82	0.8692	118	1.664	154	4.331
11	0.0963	47	0.4348	83	0.8847	119	1.697	155	4.510
12	0.1051	48	0.4452	84	0.9004	120	1.732	156	4.704
13	0.1139	49	0.4557	85	0.9163	121	1.767	157	4.915
14	0.1228	50	0.4663	86	0.9324	122	1.804	158	5.144
15	0.1316	51	0.4769	87	0.9489	123	1.841	159	5.399
16	0.1405	52	0.4877	88	0.9656	124	1.880	160	5.671
17	0.1494	53	0.4985	89	0.9827	125	1.921	161	5.975
18	0.1583	54	0.5095	90	1.000	126	1.962	162	6.313
19	0.1673	55	0.5205	91	1.017	127	2.005	163	6.691
20	0.1763	56	0.5317	92	1.035	128	2.050	164	7.115
21	0.1853	57	0.5429	93	1.053	129	2.096	165	7.595
22	0.1943	58	0.5543	94	1.072	130	2.144	166	8.144
23	0.2034	59	0.5657	95	1.091	131	2.194	167	8.776
24	0.2125	60	0.5773	96	1.110	132	2.246	168	9.514
25	0.2216	61	0.5890	97	1.130	133	2.299	169	10.38
26	0.2308	62	0.6008	98	1.150	134	2.355	170	11.43
27	0.2400	63	0.6128	99	1.170	135	2.414	171	12.70
28	0.2493	64	0.6248	100	1.191	136	2.475	172	14.30
29	0.2586	65	0.6370	101	1.213	137	2.538	173	16.35
30	0.2679	66	0.6494	102	1.234	138	2.605	174	19.08
31	0.2773	67	0.6618	103	1.257	139	2.674	175	22.90
32	0.2867	68	0.6745	104	1.279	140	2.747	176	26.63
33	0.2962	69	0.6872	105	1.303	141	2.823	177	38.18
34	0.3057	70	0.7002	106	1.327	142	2.904	178	57.29
35	0.3153	71	0.7132	107	1.351	143	2.988	179	114.59
36	0.3249	72	0.7265	108	1.376	144	3.077	180	Inf.

Parte chata – MLD – SB

Angulo fechado – um ângulo que é menor que 90° quando medido entre as pernas, ou maior que 90° quando a quantidade de dobra é medida.

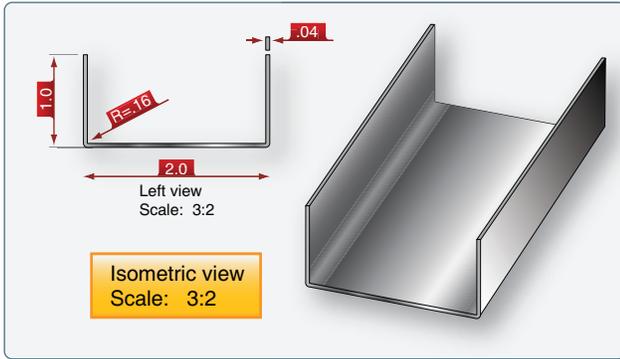
Angulo aberto – um angulo que é maior que 90° quando medido entre as pernas ou menor que 90° quando a quantidade de dobra é medida.

Largura total desenvolvida (TWD) – a largura do material medido ao redor das dobras, de ponta a ponta. É necessário encontrar o TWD para determinar o tama-

nho do material que será cortado. O TWD é menor do que a soma das dimensões da linha de molde porque o metal é dobrado em um raio e não em um canto reto, como as dimensões da linha de molde indicam.

Desenho ou Desenvolvimento do Padrão Plano

Para se evitar qualquer desperdício de material e se obter um maior nível de acuracidade de uma peça acabada é melhor se fazer um desenho ou um padrão plano da peça antes de conformá-la. A construção de peças estruturais ou não estruturais intercambiáveis é realizada pela conformação de chapas planas de metal em canais, ângulos, ZEE ou seções HAT. Antes da



chapa de metal ser conformada faça um padrão plano para saber quando material será necessário nas áreas de dobra, em qual ponto a chapa deve ser inserida na ferramenta de conformação, ou onde as linhas de dobra são localizadas. As linhas de dobra devem ser determinadas para se desenvolver um padrão plano para a chapa de metal que será conformada.

Quando se estiver conformando dobras em ângulos retos as tolerâncias corretas de recuo e tolerância de dobra devem ser feitas. Se os processos de alongamento e encolhimento forem utilizados as tolerâncias

devem ser consideradas para que a peça possa ser dobrada com uma quantidade mínima de conformação.

Fazendo Dobras em Linha Reta

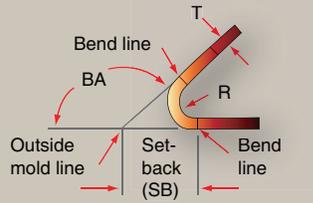
Quando estiver fazendo dobras retas a espessura do material, a composição da liga e a sua condição de têmpera devem ser consideradas. Falando de forma geral quanto mais fino for o material mais acentuada pode ser a curva (e menor o raio da dobra), e quanto mais macio for o material mais acentuado o raio. Outros fatores que devem ser considerados quando dobras em linha reta são feitas são a tolerância da dobra, o recuo, e a linha de visada.

O raio da dobra de uma chapa de metal é o raio da dobra medido na parte interna da curva. O raio mínimo da dobra de uma chapa de metal é a curva mais acentuada, ou dobra, na qual a chapa pode ser dobrada sem enfraquecer de forma crítica o metal na curva. Se o raio de uma dobra for pequeno demais tensões e estresse enfraquecem o metal e podem resultar em rachaduras.

MINIMUM BEND RADIUS FOR ALUMINUM ALLOYS

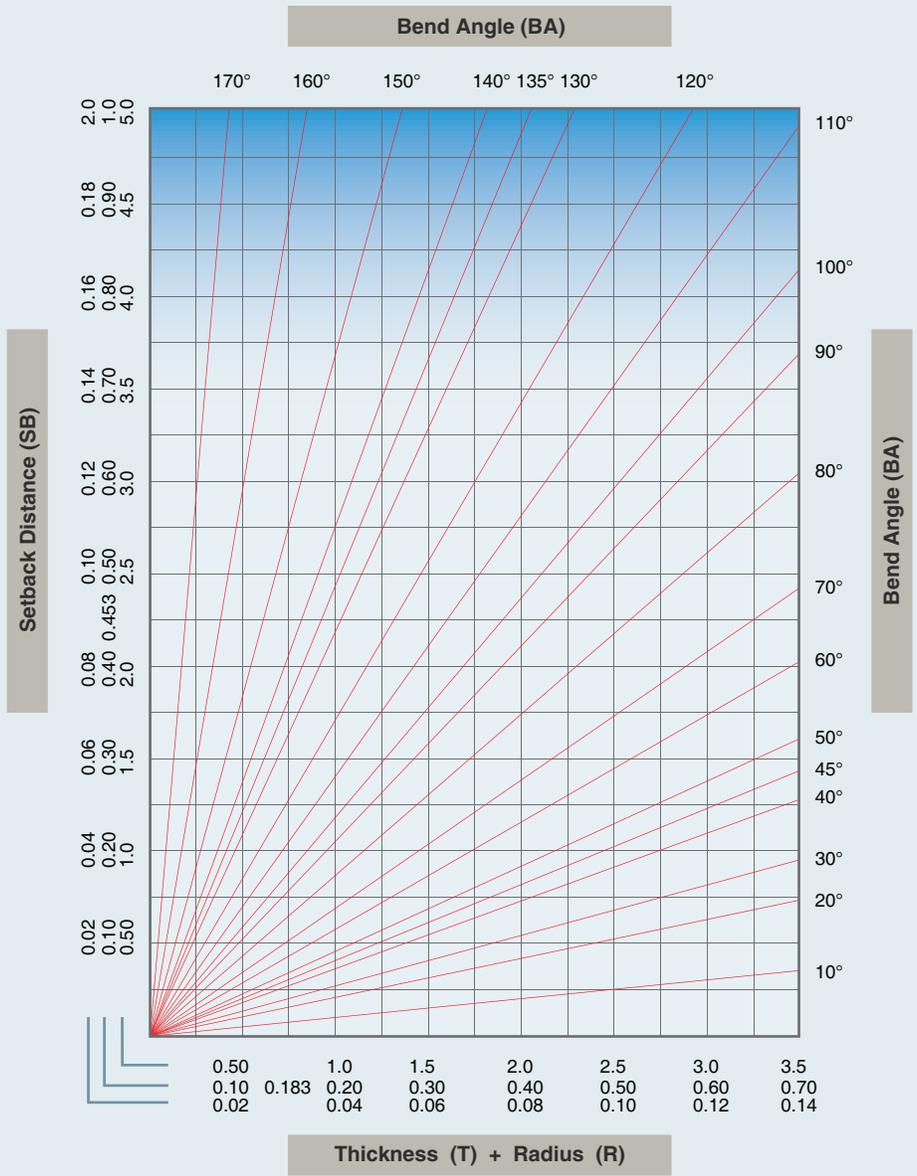
Thickness	5052-0 6061-0 5052-H32	7178-0 2024-0 5052-H34 6061-T4 7075-0	6061-T6	7075-T6	2024-T3 2024-T4	2024-T6
.012	.03	.03	.03	.03	.06	.06
.016	.03	.03	.03	.03	.09	.09
.020	.03	.03	.03	.12	.09	.09
.025	.03	.03	.06	.16	.12	.09
.032	.03	.03	.06	.19	.12	.12
.040	.06	.06	.09	.22	.16	.16
.050	.06	.06	.12	.25	.19	.19
.063	.06	.09	.16	.31	.22	.25
.071	.09	.12	.16	.38	.25	.31
.080	.09	.16	.19	.44	.31	.38
.090	.09	.19	.22	.50	.38	.44
.100	.12	.22	.25	.62	.44	.50
.125	.12	.25	.31	.88	.50	.62
.160	.16	.31	.44	1.25	.75	.75
.190	.19	.38	.56	1.38	1.00	1.00
.250	.31	.62	.75	2.00	1.25	1.25
.312	.44	1.25	1.38	2.50	1.50	1.50
.375	.44	1.38	1.50	2.50	1.88	1.88

Bend radius is designated to the inside of the bend. All dimensions are in inches.

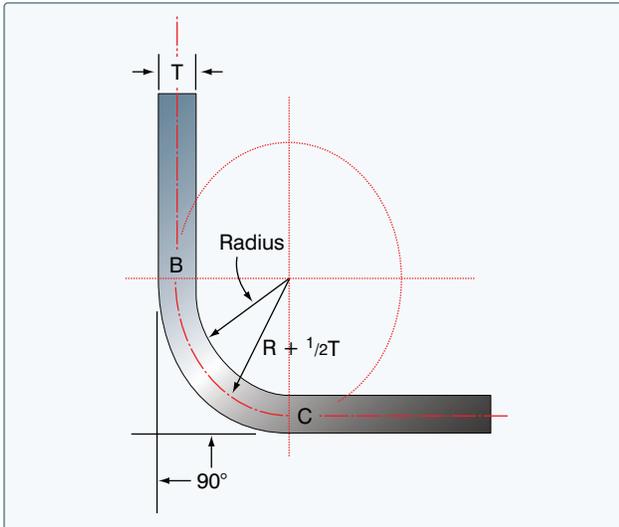
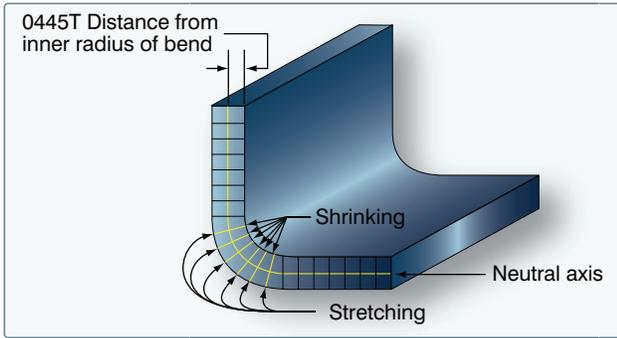


SB = Distance from mold line to bend line
 BA = Line to bend line
 BA = Bend angle
 R = Bend radius
 T = Thickness

1. Enter chart at bottom on appropriate scale using sum T + R
 2. Read up to bend angle
 3. Determine setback from corresponding scale on left
- Example:
 $T (0.063) + R (0.12) = 0.183$
 BA = 135°
 Setback = 0.453



Flat Pattern Setback Graph



O raio mínimo de dobra é especificado para cada tipo de chapa de metal de aeronave. O raio mínimo de dobra é afetado pelo tipo de material, espessura do material, e condições de tempera do material. Chapas recozidas podem se dobradas a um raio aproximadamente igual a sua espessura. Aço inoxidável e liga de alumínio 2024-T34 requerem um raio de dobra relativamente maior.

Dobrando um Canal U

Para se entender o processo de se fazer uma layout de chapa de metal serão discutidos os passos para se determinar o layout de uma amostra de canal U. [Figura 4-124] Quando se utilizar cálculos de tolerância de dobra, os seguintes passos para se encontrar o comprimento total devem ser computados com as formulas, tabelas ou pacotes de software CAD ou CAM. Este canal é feito de liga de alumínio 2024-T3 com 0,040 polegada.

Passo 1: Determinar o Raio de Dobra Correto

As tabelas de raio de dobra mínimo são encontradas nos manuais de manutenção dos fabricantes. Um raio

muito acentuado provoca rachaduras no material durante o processo de dobra. O projeto normalmente indica o raio a ser utilizado, mas é sempre melhor conferir duas vezes. Neste exemplou se a tabela de raios mínimos da Figura 4-125 para escolher o raio de dobra correto para a liga, têmpera e espessura do material. Para o 2024-T3 com 0,040 polegada a tolerância mínima de raio é de 0,016 polegada ou 5/32 polegada.

Passo 2: Descubra o Recuo

O recuo pode ser calculado com uma formula ou pode ser encontrado em uma tabela de recuos disponível nos manuais de manutenção ou nos livros Source, Maintenance and Recoverability (SMRs). [Figura 4-126]

Usando-se uma formula para calcular o recuo:

SB = recuo

K = fator K (K para dobras de 90° é 1)

R = raio interno da dobra

T = espessura do material

Como todos os ângulos neste exemplo são de 90° o recuo é calculado da seguinte forma:

SB = K (R + T) = 0,2 polegadas

Nota: K = 1 para dobras de 90°. Para dobras diferentes de 90° utilize a tabela do fator K.

Usando-se Uma Tabela Para Encontrar o Recuo

Uma tabela de recuo é um modo rápido e útil de se descobrir o recuo de dobras abertas e fechadas, porque não há necessidade de se calcular ou descobrir o fator K. Diversos pacotes de software e calculadoras online estão disponíveis para o calculo do recuo. Estes programas são frequentemente utilizados com CAD/CAM. [Figura 4-126]

- Entre na parte inferior da tabela a escala apropriada com a soma do raio e da espessura do material.
- Leia o ângulo de dobra.
- Encontre o recuo correspondente na escala a esquerda.

Exemplo:

- Espessura do material é de 0,063 polegada.
- Ângulo de dobra é 135°.
- R + T = 0,183 polegada.

Encontre 0,183 na base do gráfico. Está no meio da escala.

- Leia o ângulo de dobra de 135°
- Localize o recuo no lado esquerdo do gráfico no meio da escala (0,435 polegada). [Figura 4-126]

Passo 3: Encontre o Comprimento da Dimensão da Linha Plana

A dimensão da linha plana pode ser encontrada usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Linha Plana} = \text{MLD} - \text{SB}$$

MLD = dimensão da linha de molde

SB = recuo

Os planos, ou porções planas do canal U, são iguais a dimensão da linha de molde menos o recuo para cada um dos lados, e o comprimento da linha de molde menos os recuos para da parte plana central. Dois recuos precisam ser subtraídos da parte plana central porque esta parte plana tem uma dobra de cada lado.

A dimensão plana para a amostra de canal U é calculada na seguinte maneira:

$$\text{Dimensão plana} = \text{MLD} - \text{SB}$$

$$\text{Plano 1} = 1,00 \text{ polegada} - 0,2 \text{ polegada} = 0,8 \text{ polegada}$$

$$\text{Plano 2} = 2,00 \text{ polegada} - (2 \times 0,2 \text{ polegada}) = 1,6 \text{ polegada}$$

$$\text{Plano 3} = 1,00 \text{ polegada} - 0,2 \text{ polegada} = 0,8 \text{ polegada}$$

Passo 4: Encontrar a Tolerância de Dobra

Quando se estiver fazendo uma dobra ou curva em um pedaço de metal a tolerância de dobra ou comprimento do metal necessário para a dobra deve ser calculada. A tolerância da dobra depende de quatro fatores: grau de curvatura, raio da curvatura, espessura do material e tipo de material utilizado.

O raio da curvatura é geralmente proporcional a espessura do material. Além disso, quando mais acen-

tuado o raio da curva menos material é necessário. O tipo de material também é importante. Se o material for macio, ele podem ser curvado de forma bem acentuado, mas se for duro, o raio da dobra será maior, assim como a tolerância da dobra. O grau da curvatura afeta o comprimento total do metal, enquanto que a espessura influencia o raio da curvatura.

Curvar uma peça de metal comprime o material do lado interno da curva e alonga o material no lado externo da curva. Contudo, em alguma distância entre estes dois extremos existe um espaço que não é afetado por estas forças. Este é conhecido como linha neutra ou eixo neutro e ocorre a uma distância de aproximadamente 0,445 vezes a espessura do metal (0,445 x T) da parte interna do raio da dobra. [Figura 4-127] O comprimento destes eixo neutro deve ser determinado para que se tenha material suficiente para a dobra. Isto é chamado de tolerância de dobra. Esta quantidade deve ser somada no comprimento total do projeto para se assegurar que exista material adequado para a dobra. Para se poupar tempo em cálculos da tolerância de dobra foram desenvolvidos fórmulas e tabelas para vários ângulos, raios de curva, espessura de material e outros fatores.

Fórmula 1: Tolerância de Dobra para uma dobra de 90°

O raio da curva (R) adicionado de 1/2 espessura do metal (1/2 T). Isto dá R + 1/2T, ou raio do círculo do eixo neutro. [Figura 4-128] Compute a circunferência deste círculo multiplicando-se o raio da linha neutra (R + 1/2 T) por 2 π (NOTA: π = 3,1416) 2π (r + 1/2 T). Como uma dobra de 90° é um quarto de círculo, divida a circunferência por 4. Isto dá:

$$\frac{2 \pi (R + 1/2T)}{4}$$

Esta é a tolerância de dobra para uma dobra de 90°. Para usar uma fórmula para uma dobra de 90° tendo raio de 1/4 polegada para um material com 0,051 polegada de espessura, substitua na fórmula conforme segue:

$$\begin{aligned} \text{Tolerância da dobra} &= \frac{(2 \times 3,1416)}{4} \\ &\quad \frac{(0,250 + 1/2(0,051))}{4} \\ &= \frac{6,2832 (0,250 + 0,0255)}{4} \\ &= \frac{6,2832 (0,2755)}{4} \\ &= 0,4327 \end{aligned}$$

A tolerância de dobra, ou o comprimento de material necessário para a dobra, é de 0,4327 ou 7/16 polegada.

Formula 2: Tolerância de Dobra Para Uma Dobra de 90°
Esta formula usa dois valores constantes que evoluíram durante um período de tempo como sendo a relação entre os graus de curvatura com a espessura do metal quando se determina a tolerância de dobra para uma determinada aplicação. Por experimentação de curvas reais em metais os engenheiros de aeronaves descobriram que resultados corretos poderiam ser obtidos usando-se a seguinte formula, para qualquer angulo de dobra de 1° a 180°.

Tolerância de dobra = $(0,01743R + 0,0078T)N$ onde:

R = o raio de dobra desejado

T = a espessura do metal

N = números de graus de curvatura

Para usar esta formula para uma dobra de 90°, que tem um raio de 0,16 polegada para um material de 0,040 polegada de espessura, substitua na fórmula conforme segue:

$$\text{Tolerância da dobra} = (0,01743 \times 0,16) + (0,0078 \times 0,040) \times 90 = 0,27 \text{ polegada}$$

Uso da Tabela de Tolerância de Dobra para uma Dobra de 90°
Na Figura 4-129 o raio de dobra é mostrado na linha superior, e a espessura do metal é mostrada na coluna da esquerda. O número superior em cada célula é a tolerância de dobra para uma curva de 90°. O número inferior na célula é a tolerância de dobra para uma curva de 1°. Para determinar a tolerância de dobra para um curva de 90° simplesmente use o numero superior da tabela.

Exemplo: a espessura do material do canal U é de 0,040 polegada e o raio de dobra é de 0,16 polegada. Lendo a parte superior da tabela de tolerância de dobra encontre a coluna para o raio de dobra para 0,156 polegada. Agora, encontre o bloco nesta coluna que seja oposto a espessura do material (medida) de 0,040 na coluna da esquerda. O número superior nesta célula é (0,273), a tolerância de dobra correta em polegadas para um dobra de 90°.

Diversos programas de calculo de tolerância de dobra estão disponíveis online. Apenas entre a espessura do material, raio e graus de curvatura e o programa de

computador calcula a tolerância de dobra.

O Uso da Tabela Para Dobras Diferentes de 90°

Se a dobra for diferente de 90° utilize o número inferior no quadro (a tolerância de dobra para 1°) e compute a tolerância de dobra.

Exemplo: o suporte L mostrado na Figura 4-130 é feito de liga de alumínio 2024-T3 e tem dobra de 60°. Note que o ângulo de dobra da figura indica 120°, mas este é o número de graus entre os dois flanges e não o angulo de dobra. Para encontrar o angulo de dobra correto use a seguinte formula:

Angulo de dobra = $180^\circ - \text{ângulo entre os flanges}$.

A dobra real é de 60°. Para encontrar o raio de dobra correto para uma dobra de 60° de um material de 0,040 polegada de espessura utilize o seguinte procedimento.

1. Vá para o lado esquerdo da tabela e encontre 0,040 polegada.
2. Vá pra o lado direito e localize o raio de dobra de 0,16 polegada (0,156 polegada).
3. Repare no número inferior no bloco (0,003034).
4. Multiplique este número pelo ângulo de dobra: $0,003034 \times 60 = 0,18204$

Passo 5: Encontre a Largura Total Desenvolvida do Material

A largura total desenvolvida (TDW) pode ser calculada quando as dimensões dos planos e a tolerância de curva são encontrados. A formula seguinte é usada para se calcular o TDW:

$\text{TDW} = \text{planos} + (\text{tolerância de dobra} \times \text{número de dobras})$
Para o canal U do exemplo:

$$\text{TDW} = \text{Plano 1} + \text{Plano 2} + \text{Plano 3} + (2 \times \text{BA})$$

$$\text{TDW} = 0,8 + 1,6 + 0,8 + (2 \times 0,27)$$

$$\text{TDW} = 3,74 \text{ polegadas}$$

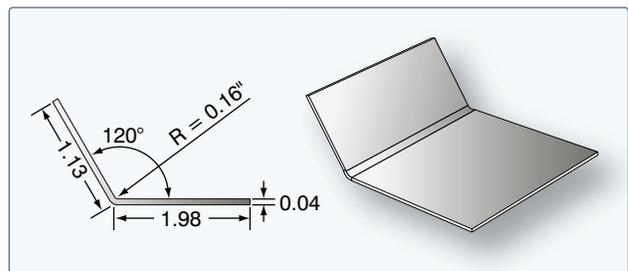
Repare que a quantidade de metal necessária para se fazer o canal é menor do que as dimensões externas do canal (a dimensão total da linha de molde é de 4 polegadas). Isto porque o metal segue o raio da dobra

Metal Thickness	RADIUS OF BEND, IN INCHES													
	1/32 .031	1/16 .063	3/32 .094	1/8 .125	5/32 .156	3/16 .188	7/32 .219	1/4 .250	9/32 .281	5/16 .313	11/32 .344	3/8 .375	7/16 .438	1/2 .500
.020	.062 .000693	.113 .001251	.161 .001792	.210 .002333	.259 .002874	.309 .003433	.358 .003974	.406 .004515	.455 .005056	.505 .005614	.554 .006155	.603 .006695	.702 .007795	.799 .008877
.025	.066 .000736	.116 .001294	.165 .001835	.214 .002376	.263 .002917	.313 .003476	.362 .004017	.410 .004558	.459 .005098	.509 .005657	.558 .006198	.607 .006739	.705 .007838	.803 .008920
.028	.068 .000759	.119 .001318	.167 .001859	.216 .002400	.265 .002941	.315 .003499	.364 .004040	.412 .004581	.461 .005122	.511 .005680	.560 .006221	.609 .006762	.708 .007862	.805 .008920
.032	.071 .000787	.121 .001345	.170 .001886	.218 .002427	.267 .002968	.317 .003526	.366 .004067	.415 .004608	.463 .005149	.514 .005708	.562 .006249	.611 .006789	.710 .007889	.807 .008971
.038	.075 .000837	.126 .001396	.174 .001937	.223 .002478	.272 .003019	.322 .003577	.371 .004118	.419 .004659	.468 .005200	.518 .005758	.567 .006299	.616 .006840	.715 .007940	.812 .009021
.040	.077 .000853	.127 .001411	.176 .001952	.224 .002493	.273 .003034	.323 .003593	.372 .004134	.421 .004675	.469 .005215	.520 .005774	.568 .006315	.617 .006856	.716 .007955	.813 .009037
.051		.134 .001413	.183 .002034	.232 .002575	.280 .003116	.331 .003675	.379 .004215	.428 .004756	.477 .005297	.527 .005855	.576 .006397	.624 .006934	.723 .008037	.821 .009119
.064		.144 .001595	.192 .002136	.241 .002676	.290 .003218	.340 .003776	.389 .004317	.437 .004858	.486 .005399	.536 .005957	.585 .006498	.634 .007039	.732 .008138	.830 .009220
.072			.198 .002202	.247 .002743	.296 .003284	.346 .003842	.394 .004283	.443 .004924	.492 .005465	.542 .006023	.591 .006564	.639 .007105	.738 .008205	.836 .009287
.078			.202 .002249	.251 .002790	.300 .003331	.350 .003889	.399 .004430	.447 .004963	.496 .005512	.546 .006070	.595 .006611	.644 .007152	.745 .008252	.840 .009333
.081			.204 .002272	.253 .002813	.302 .003354	.352 .003912	.401 .004453	.449 .004969	.498 .005535	.548 .006094	.598 .006635	.646 .007176	.745 .008275	.842 .009357
.091			.212 .002350	.260 .002891	.309 .003432	.359 .003990	.408 .004531	.456 .005072	.505 .005613	.555 .006172	.604 .006713	.653 .007254	.752 .008353	.849 .009435
.094			.214 .002374	.262 .002914	.311 .003455	.361 .004014	.410 .004555	.459 .005096	.507 .005637	.558 .006195	.606 .006736	.655 .007277	.754 .008376	.851 .009458
.102				.268 .002977	.317 .003518	.367 .004076	.416 .004617	.464 .005158	.513 .005699	.563 .006257	.612 .006798	.661 .007339	.760 .008439	.857 .009521
.109				.273 .003031	.321 .003572	.372 .004131	.420 .004672	.469 .005213	.518 .005754	.568 .006312	.617 .006853	.665 .007394	.764 .008493	.862 .009575
.125				.284 .003156	.333 .003697	.383 .004256	.432 .004797	.480 .005338	.529 .005879	.579 .006437	.628 .006978	.677 .007519	.776 .008618	.873 .009700
.156					.355 .003939	.405 .004497	.453 .005038	.502 .005579	.551 .006120	.601 .006679	.650 .007220	.698 .007761	.797 .008860	.895 .009942
.188						.417 .004747	.476 .005288	.525 .005829	.573 .006370	.624 .006928	.672 .007469	.721 .008010	.820 .009109	.917 .010191
.250								.568 .006313	.617 .006853	.667 .007412	.716 .007953	.764 .008494	.863 .009593	.961 .010675

ao invés de ir da linha de molde para linha de molde. É conveniente verificar que o TDW calculado seja menor do que as dimensões totais da linha de molde. Se o TDW calculado for maior do que as dimensões da linha de molde a matemática estava incorreta.

Passo 6: Desenho do Padrão Plano

Depois que o desenho do padrão plano e todas as informações relevantes forem feitas o material pode ser cortado no tamanho correto, e as linhas de tangência da borda podem ser desenhadas no material. [Figura 4-131]



Passo 7: Desenhe as LINHAS DE VISTA no Padrão Plano

O padrão desenhado na Figura 4-131 está completo, exceto pela LINHA DE VISTA que precisa ser desenhada para ajudar a posicionar a linha de tangência de dobra diretamente no ponto onde esta dobra deve começar. Desenhe a linha dentro da área de tolerância de dobra que está a um raio de dobra distante da linha de tangência de dobra que está colocado sob o BRAKE NOSE BAR. Coloque o metal no BRAKE sob o grampo e ajuste a posição do metal até a linha de vista esteja diretamente abaixo da borda da barra de raio. [Figura 4-132] Agora, prenda o BRAKE no metal e suba a folha para fazer a curva. A dobra começa exatamente na linha de tangência da borda.

NOTA: Um erro comum é desenhar a linha de vista no meio da área de tolerância da dobra ao invés de a um raio distante da linha de tangência da dobra que está colocada sob o BRAKE NOSE BAR.

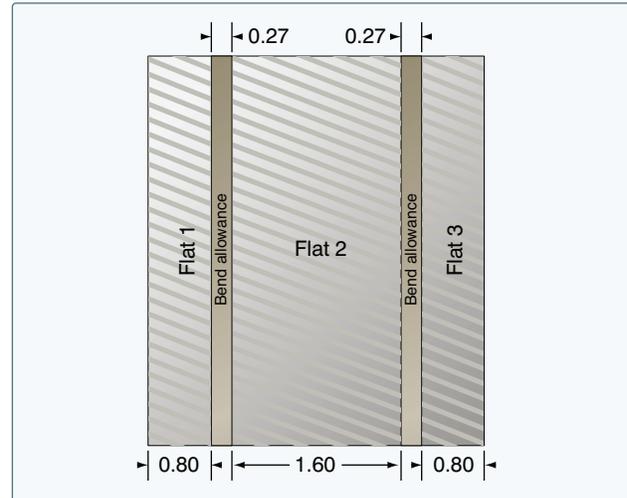
Utilizando uma Tabela J Para Calcular a Largura Total Desenvolvida

A tabela J, frequentemente encontrada no SRM, pode ser usada para determinar a dedução de dobra ou recuo e o TDW de um desenho de padrão plano quando dentro do raio de dobra, ângulo de dobra, e espessura do material são conhecidos. [Figura 4-133] Embora não tão acurado quanto o método tradicional do layout o quadro J proporciona informação suficiente para a maioria das aplicações. O quadro J não demanda cálculos difíceis ou formulas memorizadas porque a informação necessária pode ser encontrada no desenho de reparo ou pode ser medida com ferramentas de medição simples.

Quando utilizar uma tabela J é útil saber se o ângulo é aberto (maior de 90°) ou fechado (menor de 90°) porque a metade inferior da tabela J é para ângulos abertos e a metade superior é para ângulos fechados.

Como Encontrar a Largura Total Desenvolvida Usando Uma Tabela J

- Posicione uma régua sobre a tabela e conecte o raio de dobra no topo da escala com a espessura do material na base da escala. [Figura 4-133]
- Localize o ângulo no lado direito da escala e siga esta linha horizontalmente até que encontre a borda reta.



- O fator X (dedução de curva) é então lido na linha curva diagonal.
- Interpole quando o fator X ficar entre as linhas.
- Adicione as dimensões da linha de molde e subtraia o fator X para encontrar o TDW final.

Exemplo 1

Raio da dobra = 0,22 polegada

Espessura do material = 0,063 polegada

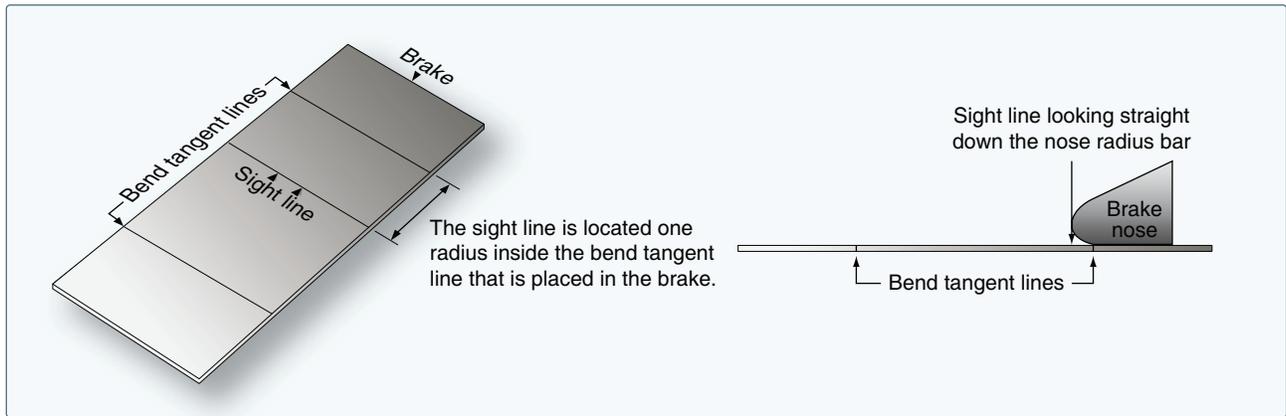
Ângulo da dobra = 90°

ML 1 = 2,00/ML 2 = 2,00

Use uma régua para conectar o raio da dobra (0,22 polegada) no topo do gráfico com a espessura do material na parte de baixo (0,063 polegada). Localize o ângulo de 90° no lado direito da escala e siga esta linha horizontalmente até que encontre a régua. Siga a linha de curva na esquerda e encontre 0,17 no lado esquerdo. O fator X no desenho é 0,17 polegada. [Figura 4-134]

$$\text{Total da Largura Desenvolvida} = (\text{Linha de Molde 1} + \text{Linha de Molde 2}) - \text{fator X}$$

$$\text{Total da Largura Desenvolvida} = (2 + 2) - 0,17 = 3,83 \text{ polegadas}$$



Exemplo 2

Raio de dobra = 0,25 polegada

Espessura do material = 0,050 polegada

Ângulo de dobra = 45°

'ML 1 = 2,00/ML 2 = 2,00

A Figura 4-135 ilustra um ângulo de 135°, mas este é o ângulo entre as duas pernas. A dobra real, a partir da posição plana, é de 45° (180 – 135 = 45). Use uma régua para conectar o raio de dobra (0,25 polegada), do topo do gráfico, com a espessura do material, na parte de baixo (0,50 polegada). Localize o ângulo de 45° no lado direito da escala e siga esta linha horizontalmente até que encontre a régua. Siga a linha curvada a esquerda e encontre 0,035 no lado esquerdo. O fator X no desenho é 0,035 polegada.

$$\begin{aligned} \text{Largura Total Desenvolvida} &= \\ &(\text{Linha de Molde 1} + \text{Linha de Molde 2}) - \text{fator X} \\ \text{Largura Total Desenvolvida} &= (2 + 2) - 0,035 = 3,965 \\ &\text{polegadas} \end{aligned}$$

Usando uma SHEET METAL BRAKE Para Dobrar Metal

O BRAKE SET UP para BOX e PAN BRAKES e CORNICE BRAKES são idênticos. [Figura 4-136] Um SET UP apropriado do SHEET METAL BRAKE é necessário porque a dobra correta da chapa de metal depende da espessura e têmpera do material a ser conformado e do raio necessário para a peça. Toda vez que uma chapa de metal com espessura diferente precisar ser conformada ou quando são necessários raios diferentes o operador precisa ajustar o SHEET METAL BRAKE antes que o BRAKE seja usado para

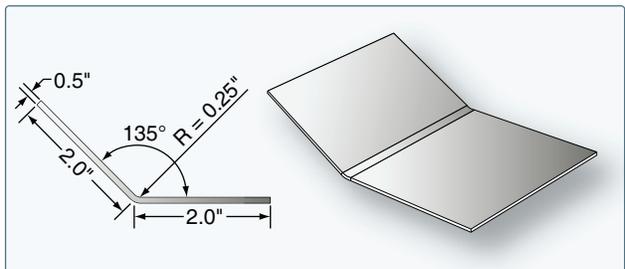
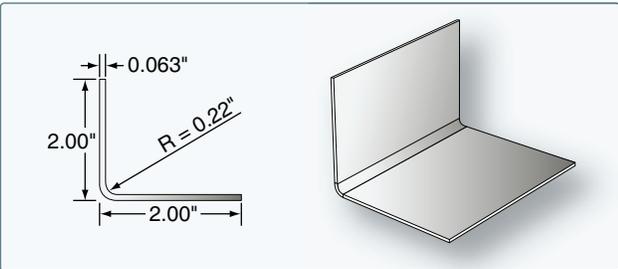
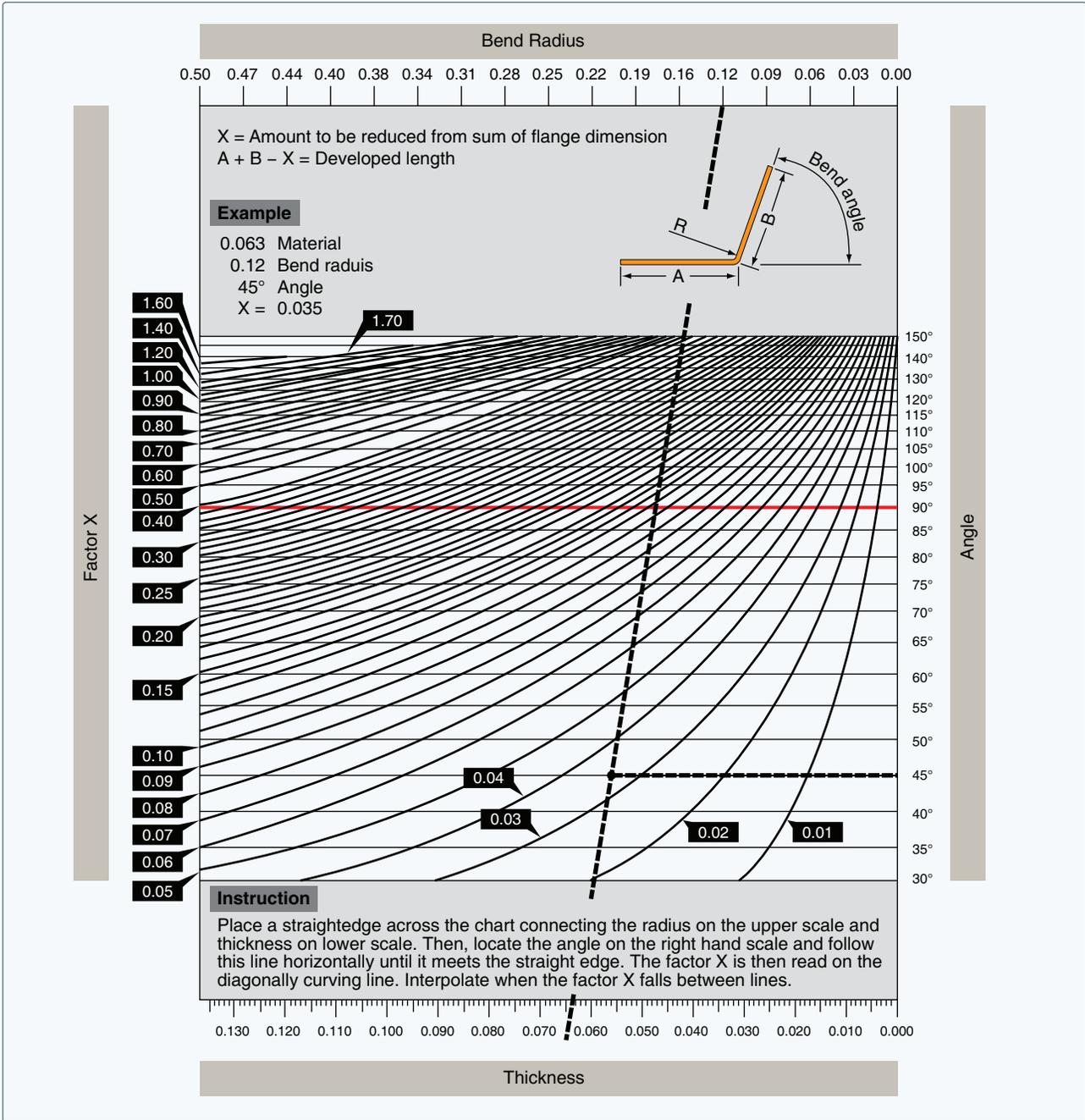
formar a parte. Neste exemplo, um canal L feito de liga de alumínio 2024-T3 que tem 0,032 polegada de espessura será dobrado.

Passo 1: Ajuste do Raio de Dobra

O raio de dobra necessário para dobrar a parte pode ser encontrado nos desenhos da parte, mas se não tiver sido mencionado nos desenhos consulte o SRM para a tabela de raio de dobra mínima. Esta tabela lista o menor raio tolerável para cada espessura e tempera de metal que é normalmente utilizada. Uma dobra mais apertada que o seu raio colocaria em risco a integridade da parte. As tensões deixadas na área da dobra podem causar uma falha quando em serviço, mesmo que não rache durante a dobragem.

As BRAKE RADIUS BAR de uma SHEET METAL BRAKE podem ser substituídas por outra BRAKE RADIUS BAR de diâmetro diferente. [Figura 4-137] Por exemplo, um canal de 0,032 polegada de 2024-T3L precisa de uma dobra com raio de 1/8 polegada e uma RADIUS BAR com 1/8 polegada deve ser instalado. Se um BRAKE RADIUS BAR diferente não estiver disponível, e o BRAKE RADIUS BAR instalado for menor que o necessário, é necessário dobrar alguns NOSE RADIUS SHIMS. [Figura 4-138]

Se o raio for tão pequeno que tenda a rachar o alumínio recozido o aço suave é uma boa alternativa. A experimentação com peças pequenas de material de sucata é necessária para se fabricar uma espessura que aumente o raio em precisamente 1/16 polegada ou 1/8 polegada. Use medidores de raio e FILLET para verificar as dimensões. Deste ponto em diante cada SHIM adicional é somado ao raio antes disso. [Figura 4-139] Exemplo: Se o NOSE original era de 1/16 polegada e uma parte de material de 0,063 polegada (1/16 polegada) for dobrada ao redor dele, o novo raio externo é



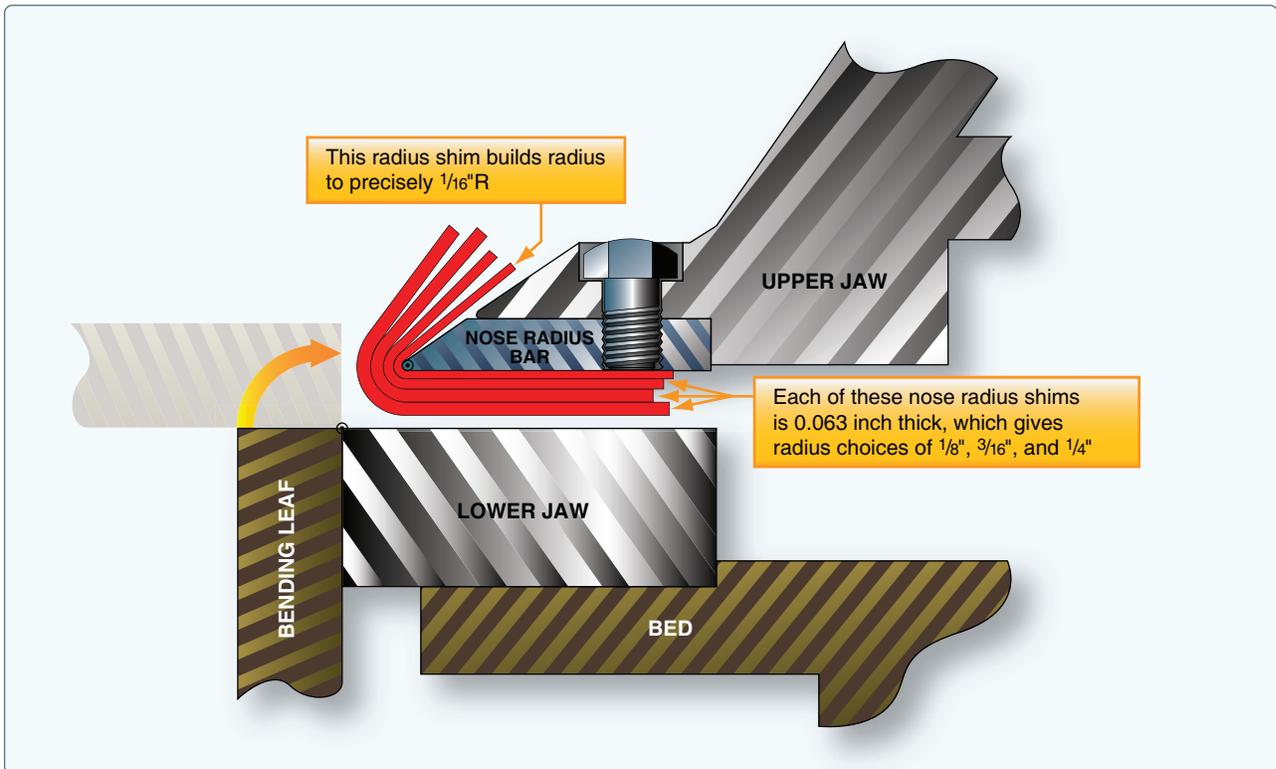


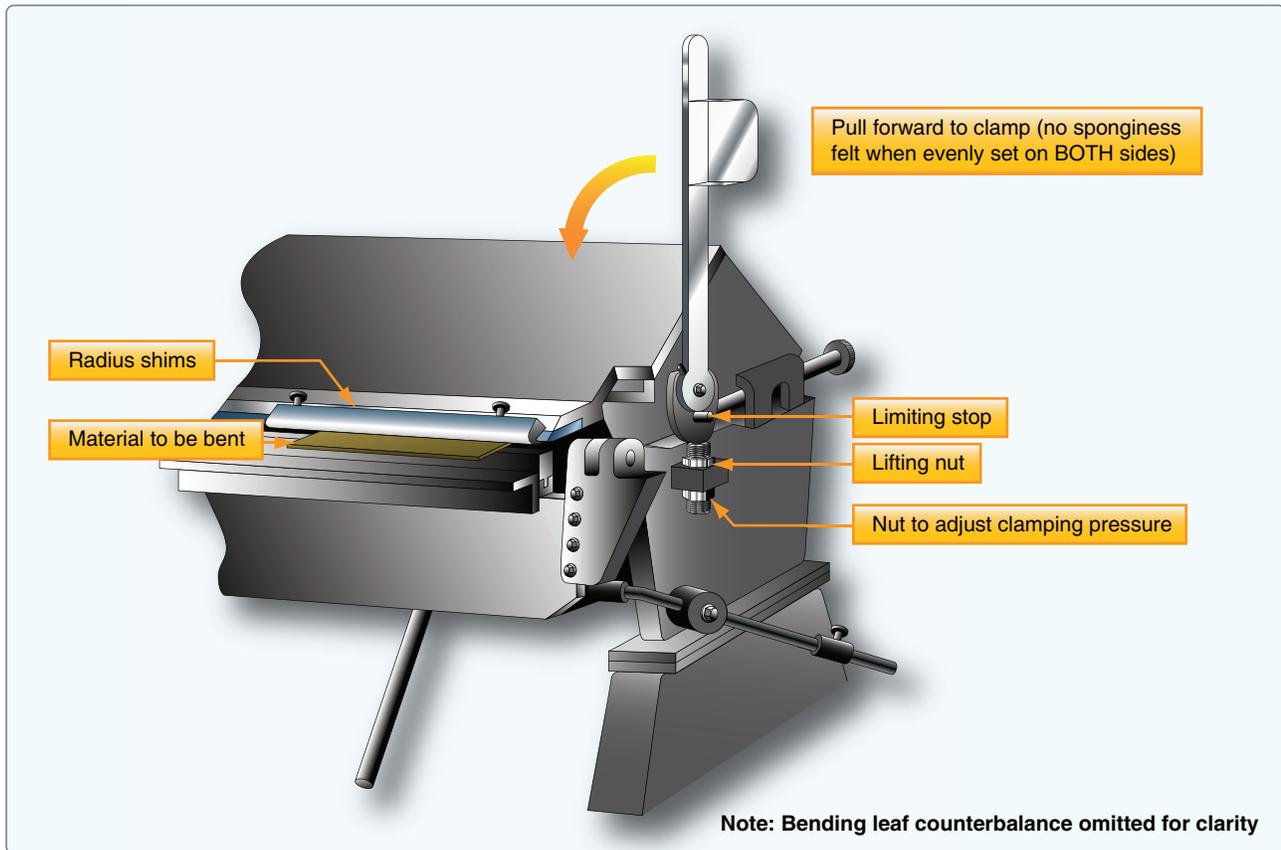
de 1/8 polegada. Se outra camada de 0,063 polegada (1/16 polegada) for adicionada, o raio será de 3/16 polegada agora. Se um pedado de 0,032 polegada (1/32 polegada), ao invés de um de 0,063 polegada (1/16 polegada) for dobrado sobre ao redor do raio de 1/8 polegada, o resultado é um raio de 5/32 polegada.

Passo 2: Ajustar a Pressão de Aperto

O próximo passo é ajustar a pressão de aperto. Deslize uma peça de material com a mesma espessura da parte que será dobrada sob o BRAKE RADIUS PIECE. Puxe a alavanca de aperto em direção ao operador para testar a pressão. Há um OVER CENTER TYP CLAMPS e, quando utilizado adequadamente, não ficará elástico ou esponjoso quando puxado para a sua posição de totalmente preso. O operador deve ser capaz de puxar esta alavanca sobre o centro com um puxão firme e fazer com que para nos batentes limitadores. Em alguns BRAKES este ajuste tem que ser feito em ambos os lados do BRAKE.

Posicione faixas de teste na TABLE a 3 polegadas cada uma das extremidades e uma no centro entre a

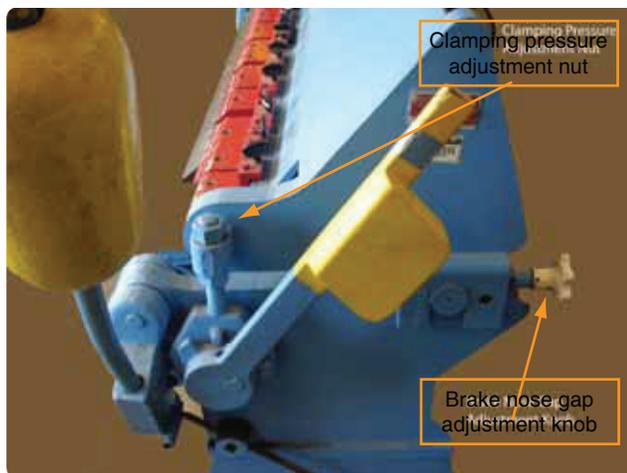




BED e o CLAMP, ajuste a pressão do CLAMP até que esteja apertada o suficiente para evitar que as peças trabalhadas deslizem enquanto estão sendo dobradas. A pressão de aperto pode ser ajustada com a porca de pressão de aperto. [Figura 4-140]

Passo 3: Ajustar o NOSE GAP

Ajuste o NOSE GAP girando os botões de ajuste grandes do BRAKE NOSE GAP na parte traseira do



JAW superior para obter o alinhamento correto. [Figura 4-140] O ajuste perfeito é obtido quando a folha de dobra é mantida no ângulo da dobra acabada e não há nenhum material de espessura entre a bolha de dobra e o NOSE RADIUS PIECE. Usando um pedaço de material com a espessura da parte que será dobrada como calibrador pode auxiliar que se obtenha um alto nível de acuracidade. [Figuras 4-141 e 4-142]. É essencial que este NOSE GAP seja perfeito, inclusive ao longo do comprimento na parte a ser dobrada. Verifique prendendo duas faixas de teste entre a BED e o CLAMP, a 3 polegadas de distância de cada extremidade do BRAKE. [Figura 4-143]. Dobre a 90°. [Figura 4-144], remova as faixas de teste, e coloque uma sobre a outra. Eles devem estar iguais. [Figura 4-145]. Se não estiverem iguais ajuste cada extremidade, levemente, com um SHARPER BEND BACK.

Dobrando Uma Caixa

Uma caixa pode ser conformada do mesmo modo que um canal U descrito nos parágrafos anteriores, mas quando uma parte de chapa de metal tem intersecção de raios de curva é necessária a remoção de material para se fazer espaço para o material contido nos flanges. Isto é feito por furação na intersecção na dobra interna das linhas tangentes. Estes furos, chamados

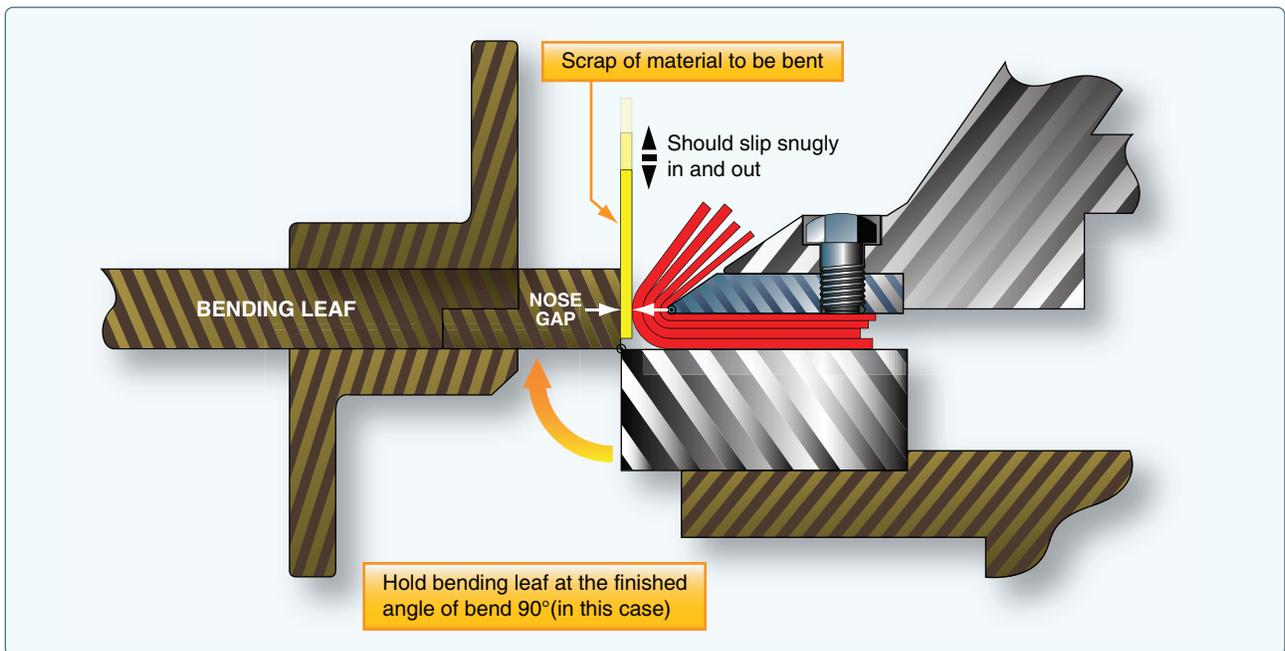


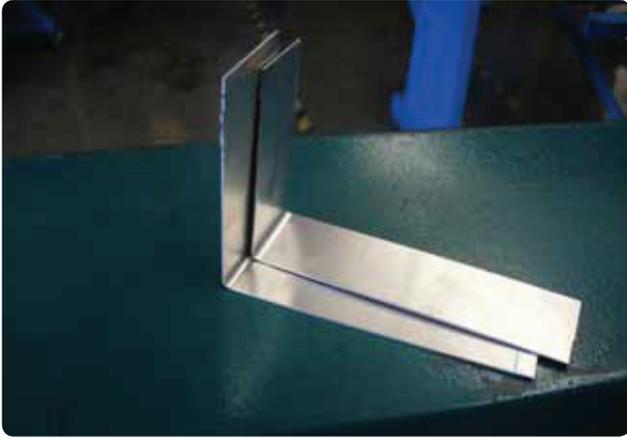
borda bem alinhada, da qual o excesso de material pode ser removido.

Quanto maior e mais liso for um furo de alívio, mais provável que se forme uma rachadura no canto. O raio de um furo de alívio é normalmente especificado no projeto. Um BOX AND PAN BRAKE, também chamado de FINGER BRAKE, é usado para se dobrar uma caixa. Os lados opostos da caixa são dobrados em primeiro lugar. Então os FINGERS do BRAKE são ajustados para que os lados dobrados RIDE UP IN THE CRACKS entres os FINGERS quando a folha for erguida para dobrar os outros dois lados.

de furos de alívio, e cujo diâmetro é de aproximadamente duas vezes o raio de dobra, alivia a tensão no metal enquanto este é dobrado e evitar que o metal se rasgue. Os furos de alívio também proporcionar uma

O tamanho dos furos de alívio varia dependendo da espessura do material. Els não devem ser menores do que 1/8 polegada de diâmetro para o chapas de liga de alumínio de até 0,064 polegada de espessura, ou 3/160 polegada de diâmetro para chapas que variam





de 0,072 até 0,128 polegada de espessura. O método mais comum de se determinar o diâmetro de um furo de alívio é usar o raio de dobra para esta dimensão, desde que não seja menor do que a tolerância mínima (1/8 polegada).

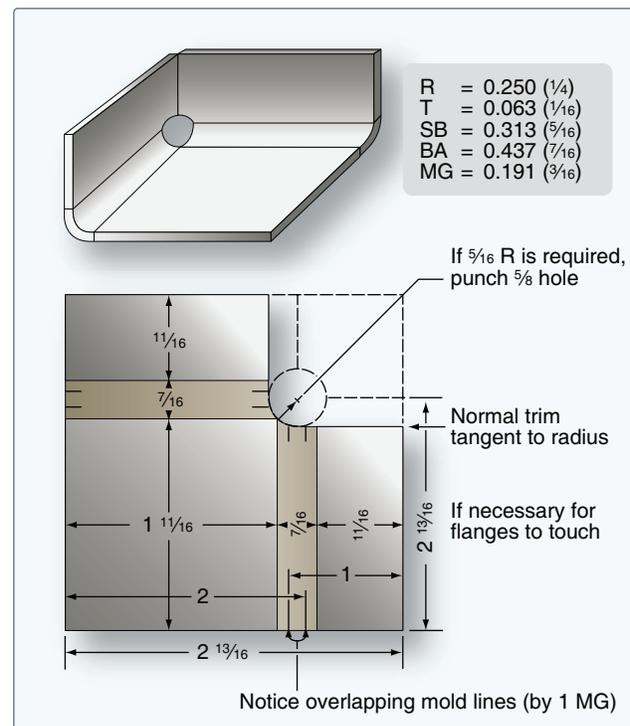
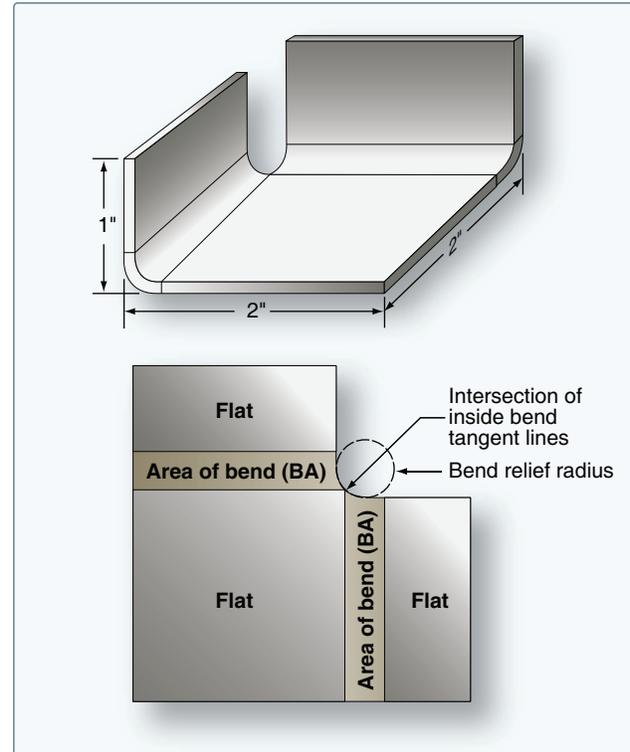
Localização do Furo de Alívio

Os furos de alívio devem tocar a intersecção das linhas tangentes da dobra interna. Para permitir possíveis erros de dobra faça com que os furos de alívio estendam-se 1/32 polegada até 1/16 polegada atrás da linha tangente de dobra interna. É uma boa prática utilizar a intersecção destas linhas como o centro dos furos. A linha interna da curva é cortada em ângulo em direção aos furos de alívio para permitir o alongamento do flange interno.

A posição dos furos de alívio é importante. [Figura 4-146] Eles devem estar localizados de forma que o perímetro externo toque a intersecção da linha tangente da dobra interna. Isso evita que qualquer material interfira com a área de tolerância de dobra da outra dobra. Se estas áreas de tolerância de dobra entrarem em intersecção uma com a outra haverá uma tensão de compressão substancial que se acumulará no canto durante a dobra. Isso poderá fazer com que a peça rache durante a dobra.

Método do Layout

Desenhe a peça usando os procedimentos tradicionais. Isto determina a largura das partes planas e a tolerância de dobra. A intersecção das linhas de tangente da dobra interna que indicam a posição do furo de alívio da dobra. Bifurque estas linhas de intersecção e mova a distância para fora do raio do furo nesta linha. Este é o centro do furo. Fure neste local e faça o acabamento aparando o restante de material no canto. Este acabamento é normalmente tangente ao raio e perpen-



dicular a borda. [Figura 4-147]. Isto deixará o canto aberto. Se for necessário fechar o canto, ou um flange um pouco maior, apare de acordo com a necessidade. Se o canto for soldado, é necessário que os flanges se toquem nos cantos. O comprimento do flange deve ter um material de espessura a menos do que o compri-

mento acabado da peça para que as partes internas do flange se toquem.

Dobras Abertas e Fechadas

Dobras abertas e fechadas apresentam problemas específicos que demandam mais cálculos do que dobras de 90°. Nos exemplos da seguir, de dobras de 45° e 135° o material tem 0,050 polegada de espessura e o raio de dobra é de 3/16 polegada.

Curva Com Final Aberto (Menor Que 90°)

A Figura 4-148 mostra um exemplo de uma dobra de 45°

1. Determine o fator K olhando na tabela K. O fator K para 45° é de 0,41421 polegada.
 2. Calcule o recuo.

$$SB = K (R + T)$$

$$SB = 0,41421 \text{ polegada} (0,1875 \text{ polegada} + 0,050 \text{ polegada}) = 0,098 \text{ polegada}$$
 3. Calcule a tolerância de dobra para 45°. Procure a tolerância de dobra para 1° de dobra no quadro de tolerância de dobras e multiplique por 45.

$$0,003675 \text{ polegada} \times 45 = 0,165 \text{ polegada.}$$
 4. Calcule os planos.

$$\text{Plano} = \text{Dimensão da linha de molde} - SB$$

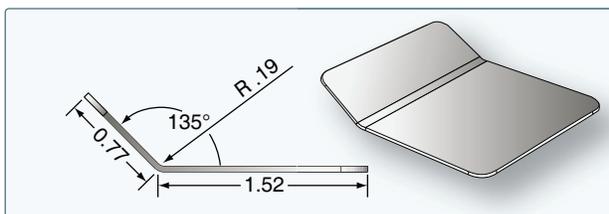
$$\text{Plano 1} = 0,77 \text{ polegada} - 0,098 \text{ polegada} = 0,672 \text{ polegada}$$

$$\text{Plano 2} = 1,52 \text{ polegada} - 0,098 \text{ polegada} = 1,422 \text{ polegada}$$
 5. Calcule TDW

$$TDW = \text{Planos} + \text{Tolerância de Dobra}$$

$$TDW = 0,672 \text{ polegada} + 1,422 \text{ polegada} + 0,165 \text{ polegada} = 2,259 \text{ polegada.}$$

Observe que a linha de referência do BRAKE ainda está localizada a um raio da linha de tangente da dobra.



Dobra Com Final Aberto (Mais de 90°)

A Figura 4-149 mostra um exemplo de dobra de 135°.

1. Procure o fator K na tabela K. O fator K para 135° é de 2,4142 polegada.
 2. Calcule SB.

$$SB = K (R + T)$$

$$SB = 2,4142 \text{ polegada} (0,1875 \text{ polegada} + 0,050 \text{ polegada}) = 0,57 \text{ polegada}$$
 3. Calcule a tolerância de dobra para 135°. Procure a tolerância de dobra para dobra de 1° no quadro de tolerância de dobra e multiplique este por 135.

$$0,003675 \text{ polegada} \times 135 = 0,496 \text{ polegada}$$
 4. Calcule os planos.

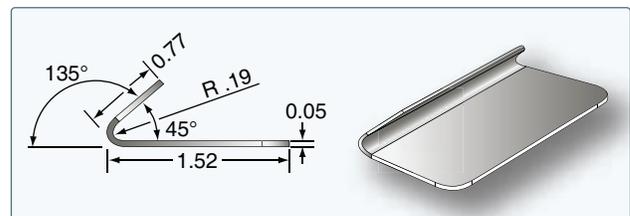
$$\text{Plano} = \text{Dimensão da linha de molde} - SB$$

$$\text{Plano 1} = 0,77 \text{ polegada} - 0,57 \text{ polegada} = 0,20 \text{ polegada}$$

$$\text{Plano 2} = 1,52 \text{ polegada} - 0,57 \text{ polegada} = 0,95 \text{ polegada}$$
 5. Calcule TDW.

$$TDW = \text{Planos} + \text{Tolerância de Dobra}$$

$$TDW = 0,20 \text{ polegada} + 0,95 \text{ polegada} + 0,496 \text{ polegada} = 1,65 \text{ polegada.}$$



É óbvio, a partir dos dois exemplos, que uma dobra fechada tem um TDW menor que uma dobra aberta e que o comprimento do material precisa ser ajustado de acordo com o ângulo da dobra.

Conformação Manual

Toda conformação manual gira em todo dos processos de alongamento e encolhimento do metal. Conforme discutido anteriormente alongamento significa aumentar uma determinada área do metal, enquanto que encolhimento significa reduzir a área. Diversos métodos de alongamento e encolhimento podem ser utilizados, dependendo do tamanho, formato e contorno da parte que está sendo conformada.

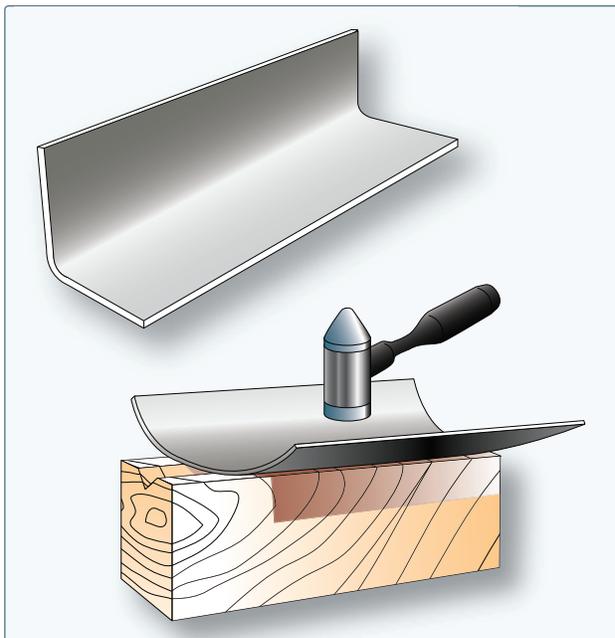
Por exemplo, se um ângulo conformado ou extrudado deve ser curvo, tanto alongar uma perna como encolher a outra pode ser feito. Em golpeamento o material é alongado no bojo para fazer um balão e entalhando-o o material é alongado entre os entalhes. O material nas bordas dos furos para redução de peso é normalmente alongado para formar um chanfro em forma de crista ao seu redor. Os parágrafos a seguir discutem algumas destas técnicas.

Dobras em Linha Reta

A viradeira e o dobrador de barra são normalmente utilizados para se fazer dobras retas. Quando estas máquinas não estiverem disponíveis as seções curtas podem ser dobradas manualmente com a ajuda de blocos de madeira ou metálicos.

Após um pedaço de metal ter sido riscado e cortado prenda-o ao longo da linha da dobra entre dois blocos de madeira em uma morsa. Os blocos de madeira devem ter uma borda arredondada de acordo com o raio de dobra desejado. Ela também deve ser levemente curvada além de 90° para permitir o retorno.

Dobre o material que no ângulo desejado golpeando levemente com um macete de borracha, plástico ou couro cru. Comece a golpear em uma extremidade e trabalhe para frente e para trás ao longo da borda para fazer uma dobra gradual e uniforme. Continue neste processo até que o material esteja dobrado no ângulo desejado contra o bloco de madeira. Compense o retorno dobrando o material um pouco além do que a dobra desejada. Se uma grande quantidade de material se estender além dos blocos de conformação faça pressão com a mão para evitar oscilação. Remova quaisquer irregularidades segurando um bloco reto de madeira de lei sobre a quina da dobra e golpeando de forma pesada com um martelo ou macete. Se a quantidade de metal que se estende além da dobra for pequena faça toda a toda usando o bloco de madeira e martelo.



Ângulos Conformados e Extrudados

Tantos os ângulos conformados como os extrudados podem ser dobrados (não de forma acentuada) por alongamento ou encolhimento dos flanges. A curvatura por alongamento de um flange é o método favorito porque o processo requer apenas um bloco V e um macete, sendo facilmente realizado.

Alongamento Com o Método do Bloco V

No método de alongamento coloque o flange a ser alongado na ranhura do bloco V. [Figura 4-150] (Se o flange tiver que ser encolhido coloque-o sobre o bloco V). Usando-se um macete macio e arredondado golpeamos o flange diretamente sobre a porção V, com golpes regulares e forçando gradualmente em direção ao V.

Comece em uma extremidade do flange e forme a curva gradual e regularmente movendo a tira de ângulo lentamente para frente e para trás, distribuindo os golpes do martelo em espaços iguais do flange. Segure a tira de forma firme para evitar que oscile enquanto é martelada. Um golpe muito pesado deformará o metal, então continue movendo o flange pelo bloco V, mas sempre golpeie de forma leve sobre o ponto diretamente acima do V.

Desenhe um padrão de tamanho real e detalhado, em uma folha de papel, ou compensado, e verifique com frequência a acuracidade da curva. Comparar o ângulo com o padrão determina exatamente como a curva está progredindo e onde precisa ser aumentada

ou diminuída. É melhor que a curva se conforme de forma aproximada ao formato desejado do que tentar dar o formato acabado a qualquer parte, porque o acabamento do ângulo pode fazer com que algumas partes mudem de formato. Se em qualquer parte da faixa de ângulo estiver muito curvada reduza a curva revertendo a faixa de ângulo do bloco V, colocando a parte inferior do flange para cima, e batendo com golpes leves do macete.

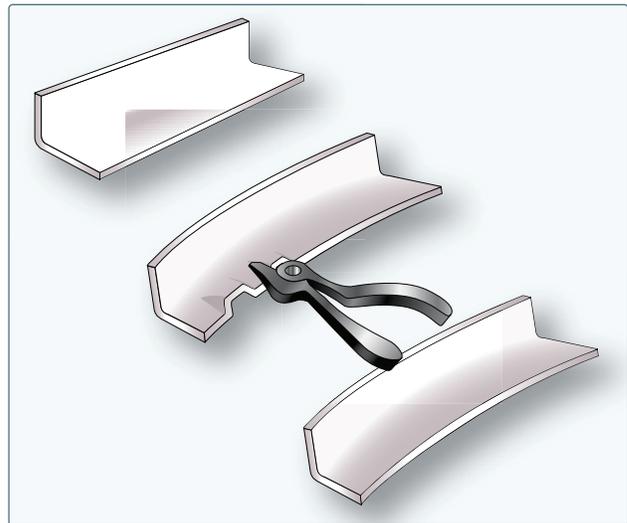
Tente conformar a curva com uma quantidade mínima de golpes, porque golpeamento excessivo endurece o metal. O endurecimento pode ser reconhecido por uma falta de resposta a curvamento e por um comportamento semelhante a uma mola por parte do metal. Pode ser reconhecido prontamente por um trabalhador experiente. Em alguns casos, a parte terá que ser recozida durante a operação de curvamento. Se isso acontecer certifique-se de tratar termicamente a parte antes de instalá-la na aeronave.

Encolhimento Com o Bloco V e Encolhimento Com Métodos de Blocos

Curvar um ângulo extrudado ou conformador por encolhimento pode ser realizado tanto pelo método do bloco V discutido anteriormente como pelo método de bloco de encolhimento. Enquanto que o bloco V é mais satisfatório porque é mais rápido, fácil e afeta menos o metal, bons resultados podem ser obtidos com o método do bloco de encolhimento.

No método do bloco V posicione um flange na tira de ângulo plana do bloco V com o outro flange estendendo-se para cima. Usando-se o processo descrito nos parágrafos sobre alongamento comece em uma extremidade da tira de ângulo e trabalhe para frente e para trás com golpes leves. Golpeie a borda do flange em ângulos leves para evitar que o flange vertical dobre para baixo.

Verifique ocasionalmente a curva para ver se esta de acordo com o padrão. Se uma curva muito acentuada for feita o ângulo (seção transversa do ângulo formado) fechará um pouco. Para evitar tal fechamento do ângulo prenda a faixa de ângulo a um bloco de madeira com o flange martelado voltado para cima, usando pequenos grampos C. As JAWS dos grampos C devem ser cobertas com fita adesiva. Se o ângulo já estiver fechado traga o flange de volta para o ângulo correto com alguns golpes do macete ou com a ajuda de um pequeno bloco de madeira. Se qualquer porção da faixa de ângulo estiver muito curvada reduza pela

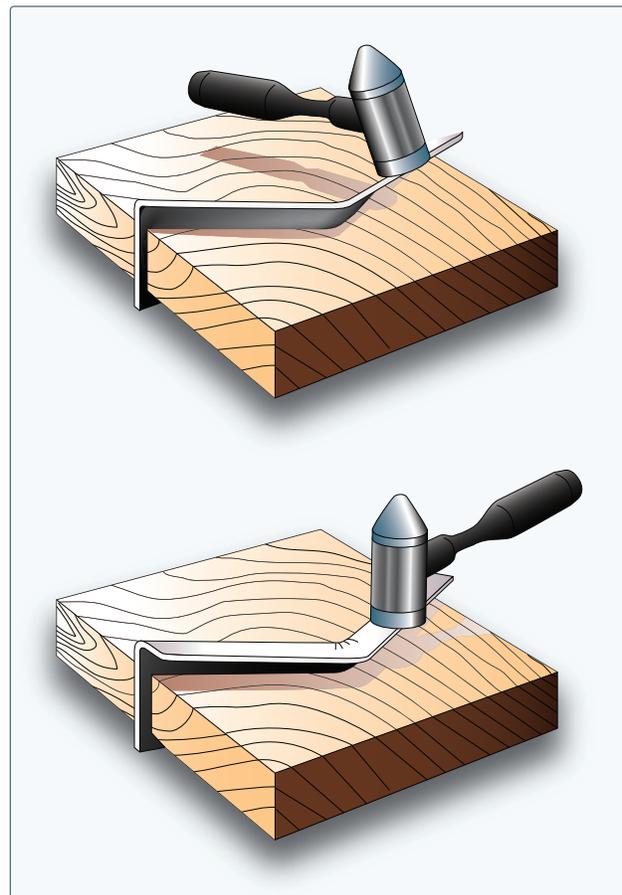
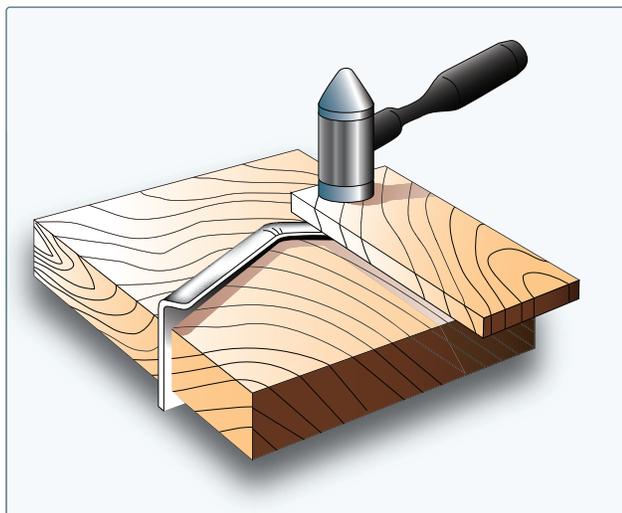
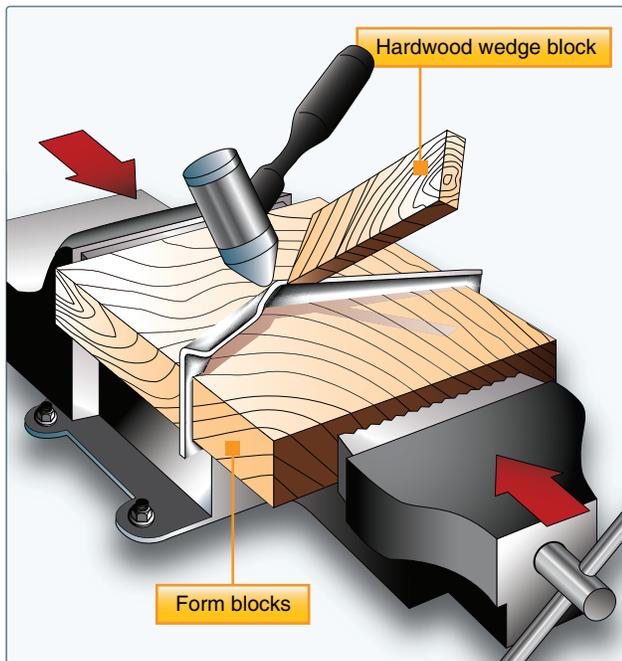


reversão do ângulo no bloco V e pelo martelamento com um macete apropriado, conforme explicado nos parágrafos anteriores sobre alongamento. Após a obtenção da curva correta suavize todo o ângulo aplainando com um macete de face macia.

Se a curva em um ângulo conformado tiver que ser bastante acentuada ou se os flanges do ângulo forem muito amplos o método do bloco de encolhimento é normalmente utilizado. Neste processo frise o flange que formará a parte de dentro da curva.

Quando fizer o frisamento segure o alicate de friso de forma que as mandíbulas do alicate estejam distantes 1/8 polegada uma da outra. Girando-se o punho para frente e para trás faça com que a mandíbula superior do alicate entre em contato com o flange, primeiro de um lado e depois do outro. Complete o frisamento trabalhando a parte elevada do flange, aumentando gradualmente movimento de torção do alicate. Não faça o friso muito grande porque dificultará o trabalho. O tamanho do friso depende da espessura e da maciez do material, mas normalmente 1/4 de polegada é o suficiente. Coloque diversos frisões espaçados igualmente ao longo da curva desejada com espaço o suficiente entre cada friso, para que as mandíbulas do bloco de encolhimento possam ser facilmente presas.

Após completar a frisagem coloque o flange frisado no bloco de encolhimento de modo que um friso de cada vez esteja localizado entre as mandíbulas. [Figura 4-151] Achate cada friso com golpes leves de uma macete macio, começando com o vértice (extremidade fechada) do friso e gradualmente trabalhe em direção ao bordo do flange. Verifique a curva do ângulo observando o padrão periodicamente durante o processo



de conformação e novamente após ter trabalhado todos os frisos. Se for necessário aumentar a curva adicione mais frisos e repita o processo. Espace os frisos adicionais entre os originais para que o metal não fique endurecido indevidamente em qualquer ponto. Se houver necessidade de se aumentar ou diminuir levemente a dobra, em qualquer ponto, usa o bloco V.

Após obter a curva desejada aplaine a faixa de ângulo sobre uma estaca ou uma forma de madeira.

Ângulos Flangeados

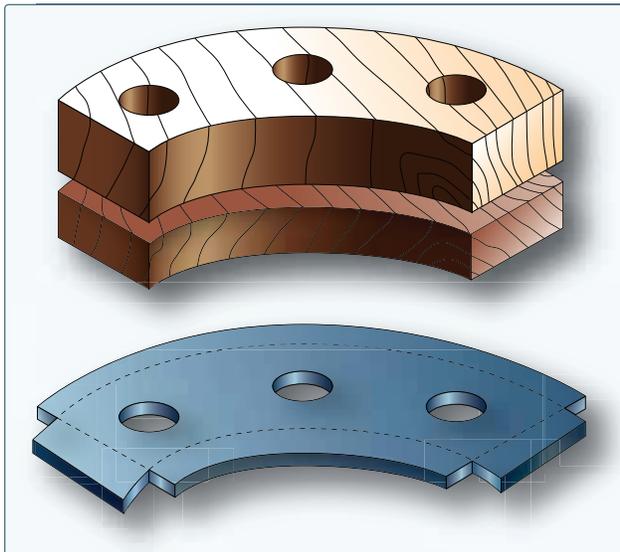
O processo de conformação para os dois ângulos flangeados a seguir são levemente mais complicados do

que os ângulos discutidos anteriormente porque a dobra é mais curta (não curvada gradualmente) e necessita de encolhimento ou alongamento em uma área pequena ou concentrada. Se o flange tiver que apontar para dentro da dobra o material deve ser encolhido. Se tiver que apontar para fora o material deve ser alongado.

Encolhimento

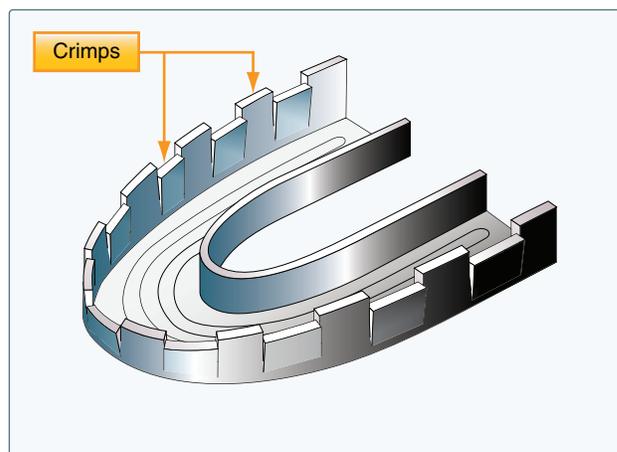
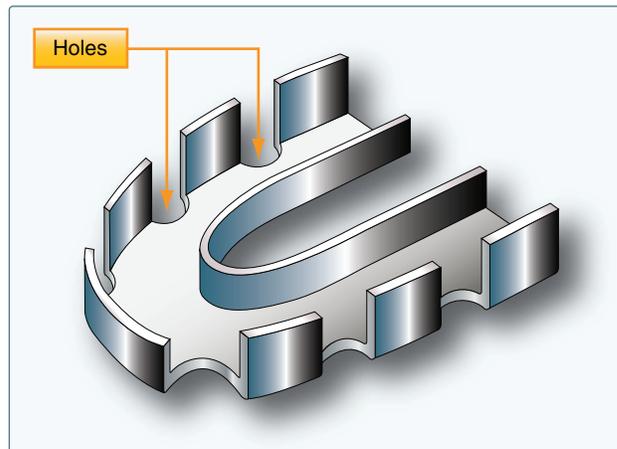
Na conformação de um ângulo flangeado por encolhimento use blocos de conformação de madeira similar aos mostrados na Figura 4-152 e proceda da seguinte forma:

1. Corte o metal permitindo desbaste após a conformação. Determine a tolerância de dobra para uma dobra de 90° e borda curva de acordo com o bloco de conformação.
2. Prenda o material nos blocos de conformação conforme mostrado na Figura 4-96 e dobre o flange exposto contra o bloco. Após a dobra golpeie os blocos levemente. Isto induz ao assentamento da dobra.



3. Usando um macete de encolhimento macio comece a martelar perto do centro e trabalhe o flange para baixo, gradualmente, em direção a ambas as extremidades. O flange tenderá a empenar na dobra porque o material foi feito para ocupar menos espaço. Trabalhe o material em diversos empenamentos pequenos ao invés de em um grande e trabalhe em cada empenamento gradualmente, martelando levemente, e comprimindo gradualmente o material de cada empenamento. O uso de uma pequeno bloco de madeira dura auxilia no trabalho. [Figura 4-153]

4. Aplaine o flange após este estar achatado contra o bloco e remova pequenas irregularidades. Se os blocos de conformação forem de madeira de lei use um martelo de aplainamento de metal. Se os blocos forem de metal

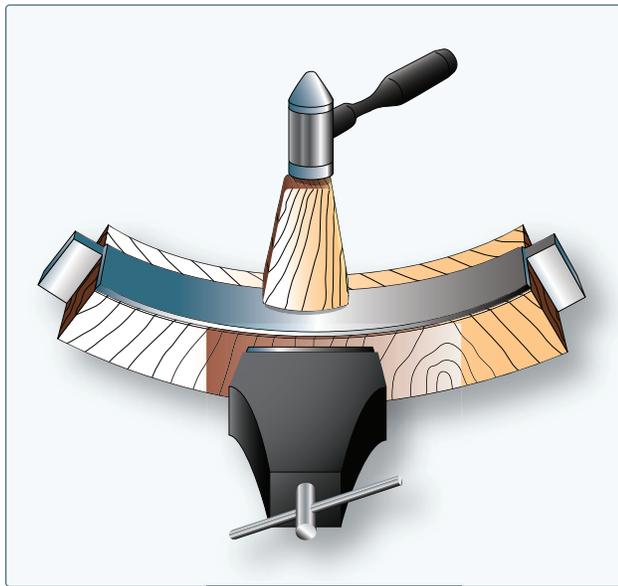
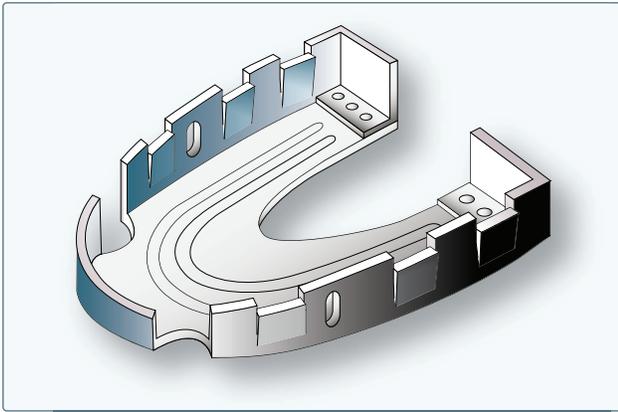


use um macete macio. Apare o excesso de material, lime e dê polimento.

Alongamento

Para formar um angulo flangeado por alongamento use os mesmos blocos de conformação, bloco de cunha de madeira e macete usados no processo de encolhimento e proceda da seguinte forma:

1. Corte o material permitindo desbaste após a conformação, determina e a tolerância de dobra para 90°, e arredonde a borda do bloco de montagem de acordo com o raio de dobra desejado.
2. Prenda o material nos blocos de conformação. [Figura 4-154]
3. Usando um macete de alongamento macio comece a martelar perto das extremidades e trabalhe o flange para baixo de forma suave e gradual para evitar rachaduras. Aplaine o

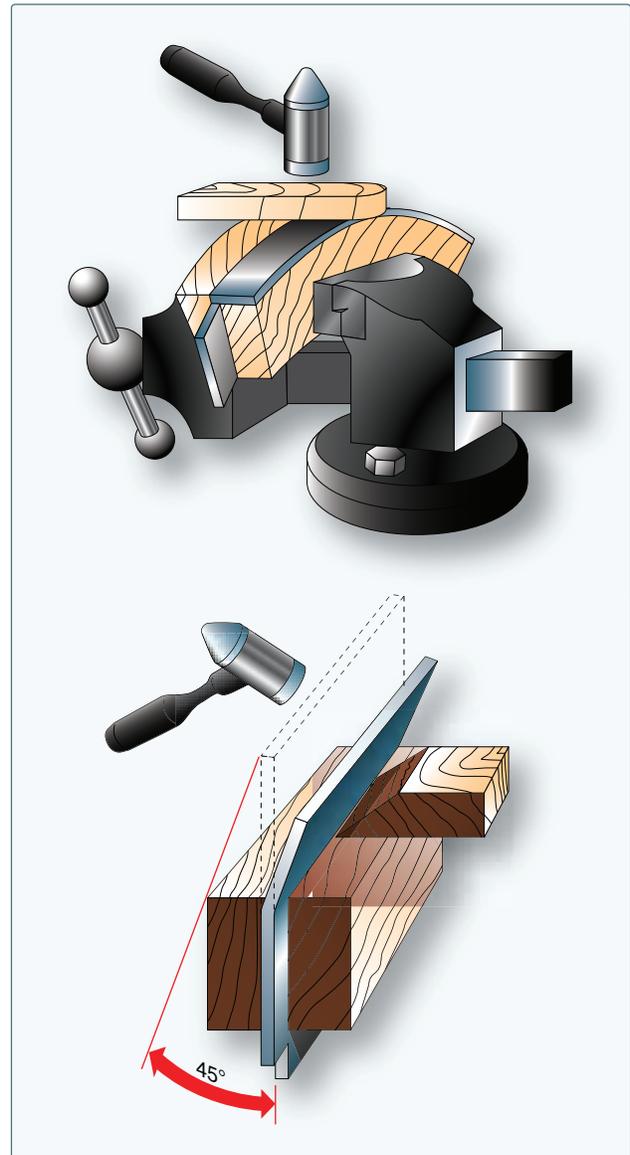


flange e ângulo conforme descrito no procedimento anterior, e apare as bordas, suavizando-as se necessário.

Peças Flangeadas Curvas

Peças flangeadas curvas são normalmente conformadas a mão com um flange côncavo, o bordo interno, e um flange convexo, o bordo externo.

O flange côncavo é conformado por alongamento enquanto que o flange convexo é conformado por encolhimento. Tais partes são modeladas com o auxílio de blocos de madeira de lei ou metal. [Figura 4-155] Estes blocos são feitos aos pares e projetados especificamente para o formato da área que está sendo conformada. Estes blocos são feitos em pares similares aqueles usados para curvar ângulos retos e são identificados da mesma forma. Diferem porque são feitos especificamente para uma determinada forma a ser conformada, e se encaixa um no outro precisamente,



e conforme as reais dimensões e contorno do artigo acabado.

Os blocos de conformação podem ser equipados com pequenos pinos de alinhamento que ajudam a alinhar os blocos e manter o metal no lugar, ou podem ser mantidos por grampos C e uma morsa. Eles também podem ser mantidos juntos com parafusos para furacão através de blocos e metal, desde que os furos não afetem a resistência da peça acabada. As bordas do bloco de conformação são arredondadas para proporcionar o raio correto da dobra da peça, e desbastadas em aproximadamente 5° para permitir o retorno (spring-back) do metal. Este desbaste é especialmente importante se o material for duro ou se a dobra tiver que ser precisa.

O NOSE RIB oferece um bom exemplo de conformação de um flange curvo porque incorpora tanto o alongamento quanto o encolhimento (por CRIMPING). Eles normalmente tem um flange côncavo, a borda interna, e um flange convexo, a borda externa. Repare nos vários tipos de conformação representados nas figuras a seguir. No PLAIN NOSE RIB utiliza-se apenas um flange convexo grande. [Figura 4-156] Em razão da grande distância ao redor da peça e da probabilidade da ocorrência de deformações durante a conformação, que é bastante difícil de conformar. O flange e a porção BEADED (crista levantada na chapa de metal utilizada para endurecer a peça) deste RIB proporcionar resistência o suficiente para fazer deste um bom uso.

Na Figura 4-157 o flange côncavo é de difícil conformação mas o flange externo é partido em pequenas seções para aliviar os furos. Na Figura 4-158 repare que os CRIMPS estão colocados em intervalos regulares para absorver material e provocar o curvamento, enquanto dá resistência a peça.

Na Figura 4-159 o NOSE RIB é conformado por CRIMPING, BEADING, confecção de furos de alívio e o uso de um angulo conformado rebitado em cada extremidade. Os BEADS e os ângulos conformados proporcionam resistência a peça. Os passos básicos na conformação de um flange curvo são: [Figura 4-160 e 4-161]

1. Corte o material permitindo $\frac{1}{4}$ de excesso para desbaste, furação para pinos de alinhamento.
2. Remova todas as rebarbas (bordas quebradas). Isto reduz a possibilidade do material rachar nas bordas durante o processo de conformação.
3. Localize e faça os furos para os pinos de alinhamento.
4. Coloque o material entre os blocos de conformação e prenda os blocos firmemente em uma morsa para evitar que o material se mova durante o trabalho. Prenda o material da forma mais próxima da área que será martelada e evite tensionar os blocos de formação e evitar que o material escorregue.

Superfícies Côncavas

Em primeiro lugar dobre o flange na superfície cônica.

cava. Esta prática pode evitar que o flange se parta ou rache quando o metal for alongado. Se isso ocorrer uma nova peça deve ser feita. Usando um macete de plástico ou couro cru, com superfície macia e levemente arredondada, comece a martelar nas extremidades da peça e continue em direção ao centro da dobra. Este procedimento permite que o metal nas extremidades da peça seja trabalhado para o centro da curva quando necessário. Continue martelando até que o metal esteja completamente trabalhado em todo o flange, nivelado com o bloco de conformação. Após a conformação do flange desbaste o excesso de material e verifique a acuracidade da peça. [Figura 4-160]

Superfícies Convexas

As superfícies convexas são conformadas pelo encolhimento do material sobre o bloco de conformação. [Figura 4-161]. Usando-se um macete de encolhimento de plástico ou madeira e um bloco de suporte ou cunha comece no centro da curva e trabalhe em direção a ambas extremidades. Martele o flange para baixo atingindo o metal a uma ângulo de aproximadamente 45° e com um movimento que tendencie a separar a parte do raio e do bloco. Alongue o metal ao redor da dobra do raio e remova as deformações gradualmente pelo martelamento no bloco em cunha. Use o bloco que suporte para manter a borda do flange o mais perpendicular ao bloco possível. O bloco de suporte também diminui a possibilidade de deformações, fendas ou rachaduras. Finalmente apare o excesso de material do flange, aplaine, remova as rebarbas, arredonde os cantos (se houver algum) e verifique a acuracidade da peça.

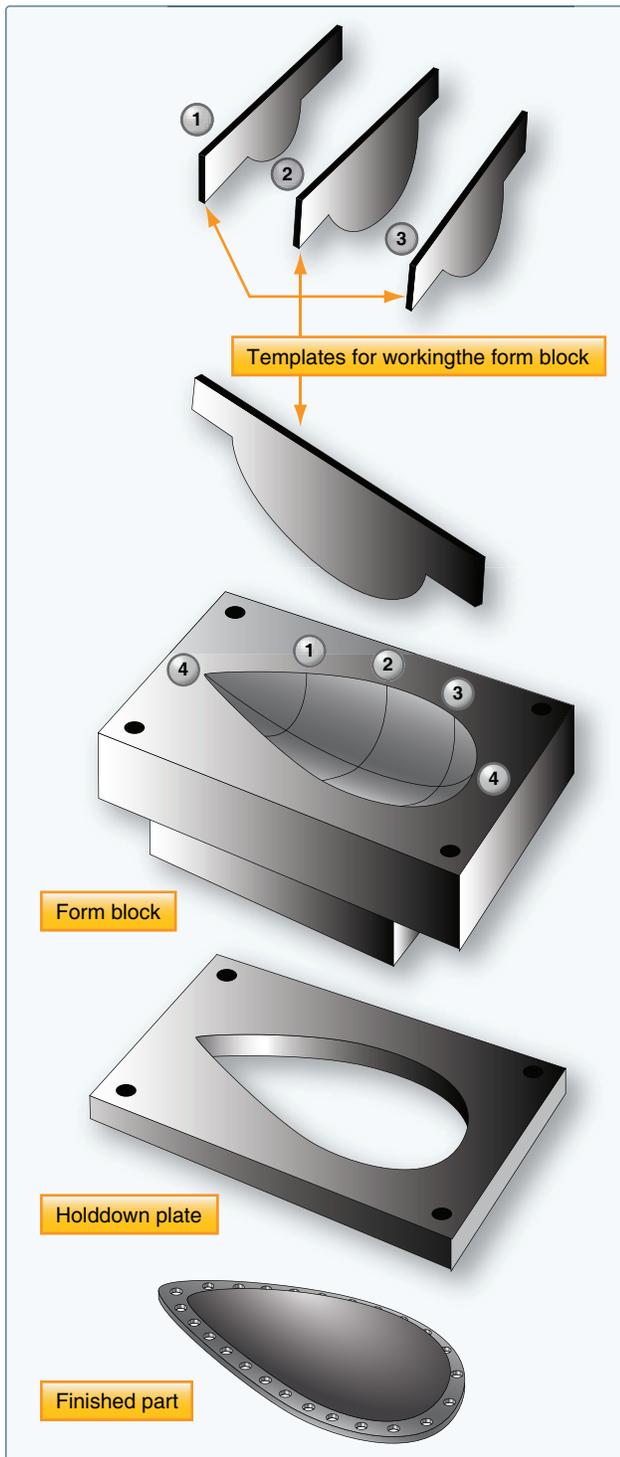
Formação Por Golpeamento

Conforme discutido anteriormente o golpeamento envolve alongamento da chapa de metal em uma forma ou tornando-o um balão. [Figura 4-162] O golpeamento pode ser feito em um bloco de conformação ou matriz fêmea, ou em um saco de areia.

Cada método requer apenas uma forma: um bloco de madeira, uma matriz de chumbo ou um saco de areia. O “blister”, ou cobertura aerodinâmica, é um exemplo de peça feita por conformação com golpeamento em saco de areia.

Bloco de Conformação ou Matriz

O bloco de madeira ou matriz de chumbo projetado para bloco de conformação por golpeamento deve ter as mesmas dimensões e contorno do lado externo da “blister”. Para proporcionar peso de deformação o suficiente e su-



perfcie de apoio para prender o metal o bloco ou matriz dever ser pelo menos uma polegada maior, em todas as dimensões, do que a conformação requer.

Siga estes procedimentos para criar um bloco de conformação:

1. Cave o bloco com ferramentas tais como seras, formões, goivas, limas e raspadores.
2. Dê acabamento com lixas. A parte interna da forma deve ser o mais lisa possível porque qualquer irregularidade aparecerá na peça acabada.
3. Prepare diversos gabaritos (padrões da sessão cruzada) conforme mostrado na Figura 4-162 de forma que seja possível verificar se a peça está correta.
4. Molde o contorno da forma nos pontos 1, 2 e 3.
5. Modele as áreas entre os pontos de verificação do gabarito conforme o contorno restante do gabarito 4. A modelagem da forma exige bastante cuidado porque quando mais correta for menos tempo será necessário para a produção de uma peça lisa e acabada.

Depois da forma ser preparada e conferida faça o golpeamento conforme segue:

1. Corte o pedaço de metal com folga de $\frac{1}{2}$ polegada a 1 polegada maior para os desenhos.
2. Aplique uma camada fina de óleo leve no bloco e no alumínio para evitar arranhões ou asperezas.
3. Prenda o material entre o bloco e a placa de aço. Verifique se está apoiada com firmeza, mesmo que possa escorregar um pouco para dentro, em direção da forma.
4. Prenda o bloco de golpeamento em uma morσα de bancada. Utilize um macete de borraça, de face macia, ou um DRIVE BLOCK de madeira de lei com um macete apropriado, e comece a golpear próximo as bordas do molde.
5. Trabalhe o material gradualmente a partir das bordas, com leves golpes do macete. Lembre-se que o propósito dos golpes é trabalhar o material alongando-o, ao invés de forçá-lo na forma com golpes pesados. Sempre comece a golpear pertos da borda da forma. Nunca

comece próximo ao centro do “blister”.

6. Antes de remover o trabalho da forma regularize a superfície o máximo possível esfregando-a com a ponta arredondada de um bloco de bordo ou um macete de alongamento.
7. Remova o “blister” do bloco de golpeamento e apare o tamanho.

Golpeamento em Saco de Areia

O golpeamento em saco de areia é um dos métodos mais difíceis de conformação manual de chapas de metal porque não existe bloco de conformação exato para guiar a operação. [Figura 4-163] Neste método a depressão é feita dentro de uma saco de areia para tomar o formato da porção martelada do metal. Esta depressão ou buraco tem a tendência de se modificar durante o martelamento, o que cria a necessidade de reajustes periódicos dependendo muito do contorno ou formato da peça que está sendo conformada, e se os golpes devem ser dados para alongar, puxar ou encolher o metal. Quando se conformar através deste método prepare um gabarito de contorno ou algum tipo de padrão que sirva como guia de trabalho para assegurar a acuracidade da peça acabada. Faça o padrão com papel Kraft comum, ou similar, dobrando-o sobre a parte que será duplicada. Corte a cobertura de papel nas partes onde terá que ser alongado, para fazer o encaixe, e adicione mais pedaços de papel com fita adesiva para cobrir as partes expostas. Depois e cobrir a peça completamente apare o padrão no tamanho correto.



Abra o padrão e espalhe-o no metal no qual a peça será conformada. Embora o padrão não fique liso e plano ele dá uma ideia bem real do formato aproximado do metal que será cortado, e as seções recortadas indicam onde o metal será esticado. Quando o padrão tiver sido colocado sobre o metal risque na peça as

partes que serão alongada usando uma caneta de ponta de feltro. Adicione pelo menos 1 polegada de excesso de metal quando cortar o material. Apare os excessos de metal após golpear a peça no formato desejado.

Se a parte a ser conformada for radialmente simétrica é bastante fácil modelá-la porque um gabarito simples de contorno pode ser usado como guia de trabalho. O procedimento para se golpear partes de chapa de metal em um saco de areia segue certos passos básicos que podem ser aplicados a qualquer peça, independente do seu contorno ou formato.

1. Desenhe e corte o gabarito do contorno para servir como guia de trabalho e assegurar a acuracidade da peça acabada. (Isto pode ser feito com uma chapa de metal, papelão médio ou pesado, papel Kraft ou compensado fino.)
2. Determine a quantidade de metal necessária, desenhe e corte no tamanho, permitindo um excesso de pelo menos $\frac{1}{2}$ polegada.
3. Coloque o saco de areia em uma base sólida capaz de suportar golpes pesados e fazer um buraco no saco com um macete de face macia. Analise a peça para determinar o raio correto que o buraco deve ter para a operação de conformação. O buraco muda de formato com os golpes que recebe e deve ser reajustado.
4. Selecione um macete de face macia e redonda, ou em formato de sino com o contorno levemente menor do que o contorno desejado na peça de metal. Segure uma borda do metal com a mão esquerda e coloque a porção a ser golpeada próximo da borda do buraco no saco de areia. Golpeie o metal com golpes leves.
5. Continue a golpear em direção ao centro, girando o metal e trabalhando gradualmente até que o formato desejado seja obtido. Modele toda a peça.
6. Verifique constantemente a acuracidade da peça durante o processo de golpeamento, utilizando o gabarito. Se o material enrugalar alise-o antes das rugas se tornarem muito grandes.
7. Remova pequenas endentações ou marcas de martelo com uma estaca apropriada ou um

martelo para aplainar, ou com uma boneca manual e um martelo de aplainar.

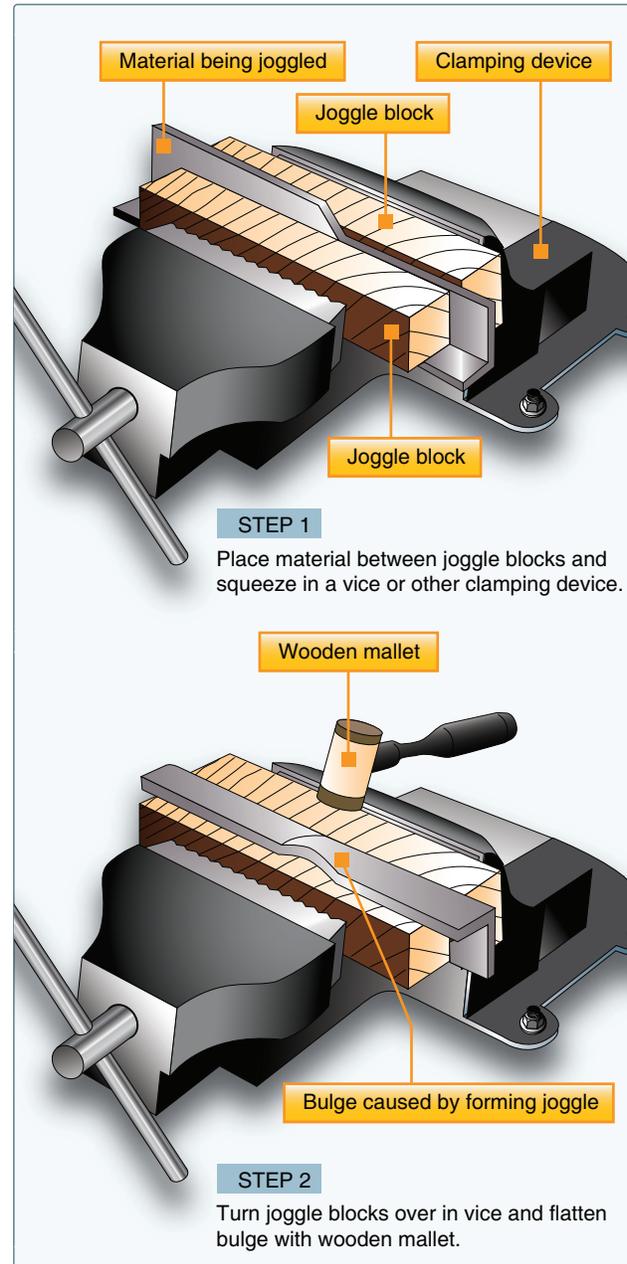
8. Finalmente, após terminar todo o golpeamento, use um par de divisores marque o contorno externo do objeto. Apare as bordas e lixe-as para dar um acabamento liso. Limpe e dê polimento a peça.

Embutimento

Um embutimento, frequentemente encontrado na intersecção de STRINGERS (longarinas) e FORMERS, é a saliência formada por uma parte para permitir uma folga para uma chapa ou outra parte. O uso de entalhes mantém a superfície uma junta ou emenda lisa. A quantidade da saliência é normalmente pequena, contudo a profundidade do embutimento é geralmente especificada em milésimos de polegada. A espessura do material a ser embutido determina a profundidade do embutimento. Para se determinar o comprimento necessário do embutimento permita um extra de 1/16 polegada para dar a folga suficiente e assegurar o encaixe entre a parte embutida sobreposta. A distância entre as duas dobras de um embutido é chamada de tolerância. Esta dimensão é normalmente decidida no projeto. Contudo, como regra geral para a determinação da tolerância é quatro vezes a espessura do deslocamento das chapas planas. Para ângulos de 90° este deve ser um pouco maior devido a tensão acumulada no raio. Para extrusão a tolerância pode ser até 12 vezes a espessura do material, por isso é importante seguir o projeto.

Existem diversos métodos para se fazer um embutimento. Por exemplo, se o embutimento tiver que ser feito em um flange reto, ou em um pedaço plano de metal, ele pode ser conformado em uma viradeira. Para formar o embutimento utilize os seguintes procedimentos:

1. Desenhe as linhas de limite do embutimento onde as dobras ocorrem na chapa.
2. Insira a chapa no BRAKE e dobre o metal até aproximadamente 20° ou 30°.
3. Libere o BRAKE e remova a peça.
4. Vire a peça e prenda-a no BRAKE na segunda linha de dobra.



5. Dobra a parte até que a altura correta do embutimento seja alcançada.
6. Remova a peça do BRAKE e verifique se o embutimento tem as dimensões e folga corretas.

Quando for necessário embutimento em uma peça curva, ou em um flange curvo, os blocos de conformação e moldes feitos de madeira de lei, aço ou ligas de alumínio podem ser usados. O procedimento de conformação consiste em colocar a peça a ser embutida entre dois blocos de embutimento e apertá-las em uma morsa ou algum outro dispositivo de fixação. Depois



que o embutimento tiver sido formado os blocos de embutimento são virados na morsa e a protuberância no flange oposto é achatado com um macete de madeira ou couro cru. [Figura 4-164]

Como a madeira de lei é fácil de se trabalhar, os moldes feitos de madeira de lei são satisfatórios quando este for utilizado apenas poucas vezes. Se o número de embutimentos similares tiver que ser produzido use moldes de aço ou de liga de alumínio. Os moldes de liga de alumínio são os favoritos porque são mais fáceis de se fabricar do que os de aço e tão duráveis quanto. Estes moldes são suficientemente macios e resilientes para permitir a conformação de peças de alumínio sem amassar ou lascas e os arranhões são facilmente removidos da sua superfície.

Quando utilizar moldes de embutimento pela primeira vez teste-os para verificar se estão corretos. Este teste deve ser feito em uma peça de sucata para evitar que uma peça já fabricada seja estragada. Sempre mantenha a superfície dos blocos livre de sujeira, rebarbas e coisas do gênero, para que o trabalho não fique marcado. [Figura 4-165]

Furos Para Redução de Peso

Furos para redução de peso são feitos em nervuras,

estrutura de fuselagens e outras partes estruturais para diminuir o peso. Para evitar o enfraquecimento do membro pela remoção de material, são normalmente feitos flanges ao redor dos furos para reforçar a área da qual o material será removido.

Os furos para redução de peso nunca devem ser feitos em partes estruturais, a não ser que autorizados. O tamanho dos furos para redução de peso e largura do flange formado ao redor do furo são determinados pelas especificações de projeto. Margens de segurança são consideradas nas especificações de forma que o peso da peça possa ser diminuído e ainda assim manter a resistência necessária. Os furos para redução de peso podem ser cortados com uma serra, um punção ou um FLY CUTTER. As bordas são limadas para evitar rachaduras ou rasgos.

Flangeando Furos Para Redução de Peso

Forme o flange usando um molde para flange, ou blocos de madeira de lei ou metal. Os moldes para flange consistem em duas peças de encaixe: um molde macho e um fêmea. Para se flangear metal macio os moldes podem ser feitos de madeira de lei, tal como o bordo. Para metais duros ou para uso mais permanente os moldes devem ser feitos de aço. O guia piloto deve ter o mesmo tamanho do furo que será flangeado e o ressalto deve ter a mesma largura do ângulo do flange desejado.

Quando se flangear furos para redução de peso posicione o material entre as peças de encaixe do molde e conforme por martelamento ou apertando os moldes juntos em uma morsa ou em uma prensa. Os moldes trabalharão de forma mais suave se receberem uma leve camada de óleo de máquina. [Figura 4-166]

Trabalhando Com Aço Inoxidável

A chapa de aço resistente a corrosão (CRES) é usada em algumas partes da aeronave quando se precisa de alta resistência. O CRES faz com que o magnésio, alumínio e cádmio sejam corroídos quando em contato com estes. Para isolar o CRES do magnésio e alumínio aplique um acabamento que protege uma superfície da outra. É importante utilizar um raio de dobra maior do que o mínimo recomendado para evitar rachaduras do material da área de dobra.

Quando trabalhar com aço inoxidável certifique-se que o metal não fique indevidamente arranhado ou amassado. Também tenha precaução quando cisalhar ou perfurar este metal. É necessário duas vezes mais

Drill Size	Maximum RPM
80-30	500
29-U	300
3/8	150

pressão para cisalhar ou perfurar o aço inoxidável do que é necessário como o aço suave. Mantenha os moldes para cisalhamento ou furação bem ajustados. Muita folga fará com que o metal exceda as bordas da matriz e que o metal endureça, resultando em esforço excessivo da máquina. Quando perfurar aço inoxidável use um broca HSS ratificada em um ângulo de 135°. Mantenha a velocidade da furadeira na metade do que necessária para furar aço suave, mas nunca exceda os 750 RPM. Mantenha a pressão uniforme durante todo o tempo. Fure o material sobre uma placa de apoio, como de ferro fundido por exemplo, que é dura o suficiente para permitir que a broca fure completamente o chapa sem afastá-la do ponto de furação. Posicione a furadeira antes de ligá-la e também certifique-se que a pressão seja exercida na furadeira quando esta estiver ligada.

Trabalhando com Ligas Inconel® 625 e 718

O Inconel® refere-se a família das super ligas de níquel-cromo-aço tipicamente utilizadas em aplicações de alta temperatura. A resistência a corrosão e a habilidade de se manter forte em altas temperaturas levam ao uso frequente das ligas de Inconel® na estrutura de grupos motopropulsores de aeronaves. As ligas Inconel® 625 e 718 podem ser conformadas a frio pelos procedimentos padrão utilizados para o aço e aço inoxidável.

A furação normal nas ligas de Inconel® pode quebrar as brocas muito rapidamente e causar danos na borda do furo quando a broca passar pelo metal. Se uma furadeira manual for utilizada para furar ligas de Inconel® 625 e 718 selecione uma broca de cobalto 135°. Quando utilizar uma furadeira manual empurre a furadeira com força constante. Por exemplo, com um furo número 30 empurre a furadeira com aproximadamente 50 libras de força. Use o máximo de RPM ilustrado na Figura 4-167. Fluido de corte não é necessário quando se utiliza furadeira manual.

Os seguintes procedimentos para furação são recomendados:

- Faça furos piloto em partes soltas de reparo, com equipamento elétrico, antes da pré-montagem.

- Pré-monte as peças de reparo e faça os furos piloto na estrutura de encaixe.
- Aumente os furos piloto para a sua dimensão final.

Quando estiver perfurando Inconel® os equipamentos de furação do tipo auto alimentação são os preferidos.

Trabalhando com Magnésio

Atenção: mantenha as partículas de magnésio longe das fontes de ignição. Pequenas partículas de magnésio queimam muito facilmente. Em concentração o suficiente estas pequenas partículas podem causar explosão. Se água tocar magnésio derretido uma explosão de vapor pode acontecer. Extintores de fogo para magnésio têm com talco seco, carbonato de cálcio, areia ou grafite. Aplique o pó no metal em chamas até uma profundidade de ½ polegada ou mais. Não use espuma, água, tetracloreto de carbono ou dióxido de carbono. As ligas de magnésio não devem tocar álcool metílico.

O magnésio é o metal estrutural mais leve. Assim como muitos outros metais suas elemento branco prateado não é usado em seu estado puro para aplicações de tensão. Ao invés disso o magnésio forma ligas com outros metais (alumínio, zinco, zircônio, manganês, tório e metais raros) para a obtenção de ligas fortes e muito leves necessárias para os usos estruturais. Quando ligado a estes outros metais o magnésio proporciona ligas com excelentes propriedades e alta relação entre peso e resistência. A combinação adequada dos metais constituintes das ligas proporciona ligas adequadas para SAND, moldes permanentes ou fundição, forja, extrusão, laminação e chapeação com boas propriedades a temperatura ambiente, assim como em temperaturas elevadas.

O baixo peso é a característica mais conhecida do magnésio, e um fator importante no projeto de aeronaves. Em comparação o alumínio pesa uma vez e meia mais, o ferro e o aço pesam quatro vezes mais, e as ligas de níquel e cobre pesam cinco vezes mais. As ligas de alumínio podem ser cortadas, furadas e escaçadas com as mesmas ferramentas utilizadas para o aço e o bronze, mas as bordas de corte das ferramentas precisam estar afiadas. Os rebites do tipo B (liga de alumínio 5056-F) são utilizados para rebitar peças de liga de magnésio. As peças de magnésio são normalmente reparadas com revestimento de liga de alumínio 2024-T3.

Enquanto que as ligas de magnésio podem ser normalmente fabricadas por métodos similares aqueles utilizados com outros materiais lembre-se que muitos detalhes da prática da oficina não podem ser aplicados. As ligas de magnésio são de difícil fabricação em temperatura ambiente, e sendo assim a maioria das operações deve ser realizada em altas temperaturas. Isto requer o preaquecimento do metal, dos moldes, ou de ambos. As chapas de liga de magnésio podem ser cortadas por tesouras de lâmina, matrizes de estampagem, tupias ou serras. Serras manuais ou circulares são normalmente utilizadas para se cortar extrusões na medida. Tesouras convencionais e recortadores nunca devem ser utilizados para cortar ligas de magnésio porque produzem uma borda áspera e rachada.

O cisalhamento e a estampagem das ligas de magnésio requer ferramentas de baixa tolerância. A folga máxima de 3 a 5 por cento de espessura de chapa é recomendada. A lamina superior da tesoura deve ser ratificada e um angulo de 45° a 60°. O angulo de cisalhamento em um punção deve ser de 2° a 3° com 1° de angulo de folga do punção. Pressão de retenção deve ser utilizada sempre que possível. O cisalhamento a frio não deve ser realizado em uma chapa laminada a frio mais espessa que 0,064 polegada ou chapa recozida mais espessa que 1/8 polegada. A raspagem é utilizada para suavizar as bordas ásperas da chapa de magnésio cisalhado. Esta operação consiste em remover aproximadamente 1/32 polegada por um segundo cisalhamento.

O cisalhamento a quente é utilizado algumas vezes para se obter uma borda de cisalhamento melhor. Isto é necessário em chapas grossas. Chapas recozidas podem ser aquecidas a 600°F, mas chapas laminadas devem ser mantidas abaixo de 400°F, dependendo da liga utilizada. A expansão térmica torna necessário que se permita encolhimento após o resfriamento, o que significa acrescentar uma pequena quantidade de material as dimensões do metal frio antes da fabricação.

A serragem é o único método utilizado para cortar chapas maiores de ½ polegada de espessura. Lâminas de serra contínua com passo de 4 a 6 dentes são recomendadas para cortar estas chapas ou extrusões pesadas. Extrusões pequenas ou médias são cortadas mais facilmente com serras circulares que tem seis dentes por polegada. Chapas de metal podem ser cortadas com serra de fita que com qualquer tipo de dente e passo de 8 dentes. As serras de fita devem estar equipadas com guias anti-centelhamento para eliminar o

risco de fagulhas e eliminar o perigo de incêndio do magnésio.

O trabalho a frio da maioria das ligas de magnésio feito a temperatura ambiente é muito limitado, porque o trabalho endurece rapidamente e não sendo adequado a modelagem a frio. Algumas operações simples de dobragem podem ser realizadas em chapas, mas o raio de dobra deve ser de pelo menos 7 vezes a espessura da chapa para materiais macios e 12 vezes a espessura da chapa para materiais duros. Um raio de 2 ou 3 vezes a espessura da chapa pode ser usado se o material for aquecido para a operação de conformação.

Como as ligas de magnésio fundidas tendem a rachar após o trabalho a frio os melhores resultados são obtidos se o metal for aquecido a 450° antes que se tente qualquer operação de conformação. As peças conformadas a temperaturas mais baixas são mais resistentes porque as altas temperaturas tem um efeito de recozimento no metal.

As desvantagens do trabalho a quente no magnésio são:

1. Aquecer os moldes e o material é caro e trabalhoso.
2. Existem problemas na lubrificação e manuseio dos materiais nestas temperaturas.

As vantagens de se trabalhar o magnésio a quente são:

1. Ele se conforma mais facilmente quando quente do que outros metais.
2. O efeito de retorno (spring-back) é reduzido, resultando em maior acuracidade dimensional.

Quando aquecer o magnésio e suas ligas observe a temperatura cuidadosamente, porque o metal queima facilmente. O superaquecimento também causa pequenas poças de fusão dentro do metal. Tanto em um caso como no outro, o metal estará arruinado. Para evitar que o metal queime o magnésio deve ser protegido com uma atmosfera de dióxido de enxofre enquanto está sendo aquecido.

A dobra adequada em um raio pequeno requer a remoção de arestas agudas e reberbas perto da linha de dobra. Os desenhos devem ser feitos com um lápis de carpinteiro macio porque qualquer marca na superfície pode resultar em fadiga e rechaduras.

Os PRESS BRAKES podem ser usados para se fazer dobras com raio pequeno. Os métodos de moldes e

borracha devem ser usados onde as dobras são feitas em ângulos retos, o que complica o uso de um BRAKE. A laminação pode ser feita a frio em equipamento projetado para laminar alumínio. O método mais comum de conformação do magnésio é usar um molde de borracha como forma fêmea. Este molde de borracha é mantido em uma panela de aço invertida que é baixada por um macaco hidráulico. A prensa exerce uma pressão no metal e o dobra no formato da forma macho.

As características de usinagem das ligas de magnésio são excelentes, tornando possível o uso de velocidades máximas das máquinas de usinagem com cortes pesados altas taxas de alimentação. As exigências de potência para a usinagem de ligas de magnésio são de aproximadamente 1/6 daquelas do aço suave.

As rebarbas, lascas e cavacos das operações de usinagem devem ser mantidas em latões tampados por causa do perigo de combustão. Não use ligas de magnésio em sistemas de degelo líquido ou injeção de água, assim como em áreas de tanque de combustíveis.

Trabalhando com Titânio

Mantenha as partículas de titânio longe das fontes de ignição. Pequenas partículas de titânio queimam muito rapidamente. Em concentração suficiente estas pequenas partículas podem causar explosões. Se água tocar o titânio derretido uma explosão de vapor pode acontecer. Apague o fogo de titânio com talco seco, carbonato de cálcio, areia ou grafite. Aplique o pó no metal em chamas até uma profundidade de ½ polegada ou mais. Não use espuma, água, tetracloreto de carbono ou dióxido de carbono.

Descrição do Titânio

O titânio em seu estado mineral é o quarta mais abundante estrutura metálica da crosta terrestre. Ele é leve, não magnético, forte, resistente a corrosão e dúctil. O titânio fica entre as ligas de alumínio e o aço inoxidável em módulo, densidade, e resistência em temperaturas intermediárias. O titânio é 30% mais forte que o aço, mas aproximadamente 50% mais leve. Ele é 60% mais leve que o alumínio mas duas vezes mais forte.

O titânio e suas ligas são usados principalmente para peças que exigem boa resistência a corrosão, resistência moderada até 600°F (315°C), e peso leve. A chapa de titânio comercialmente pura pode ser conformada por pressão hidráulica, alongamento de prensa, modelagem por BRAKE ROLL ou outras operações simi-

lares. É mais difícil de conformar do que recozer aço inoxidável. O titânio também pode ser trabalhado por GRINDING, furação, serra e outros tipos de trabalho utilizados em outros metais. O titânio deve ser isolado do magnésio, alumínio ou ligas de aço por causa da corrosão galvânica ou oxidação dos outros metais ocorrem quando em contato.

Os rebites de Monel® ou prendedores de aço de baixa tolerância devem ser utilizados quando peças de titânio são instaladas. A chapa de liga pode ser conformada em temperatura ambiente até certo ponto. A conformação de ligas de titânio é dividida em três classes:

- Conformação a frio sem alívio de tensão
- Conformação a frio com alívio de tensão
- Conformação com temperatura elevada (alívio de tensão embutido)

Mais de 5% de todo o titânio nos Estados Unidos é produzido na forma de liga Ti 6Al-4V, que é conhecida como a base da indústria do titânio. Utilizado nas turbinas de aeronaves, componentes de motores e componentes estruturais de aeronaves. O Ti 6Al-4V é aproximadamente 3 vezes mais forte do que o titânio puro. A liga de titânio mais amplamente utilizada é de difícil conformação.

A seguir estão os procedimentos para conformação a frio do titânio 6Al-4V recozido com alívio de tensão (conformação em temperatura ambiente):

1. É importante utilizar uma tabela de raio mínimo quando conformar o titânio porque um raio muito pequeno introduz excesso de tensão na área da dobra.
2. Alivie a tensão da peça conforme segue: aqueça a peça a temperatura acima de 1.250°F (677°C), mas abaixo de 1.450°F (788°C). Mantenha a peça nesta temperatura por mais de 30 minutos mas por menos de 10 horas.
3. Uma prensa BRAKE poderosa é necessária para conformar peças de titânio. Uma BOX de operação manual comum e PAN BRAKES não podem conformar chapas de titânio.
4. Um SLIP ROLLER é frequentemente utilizado se pedaços de reparo precisarem ser cur-

vados para se encaixar no contorno de uma aeronave.

O titânio pode ser difícil de furar mas brocas de alta velocidade padrão podem ser usadas se estiverem afiadas e força suficiente for aplicada em uma furadeira de baixa velocidade. Se a broca estiver cega ou se for aplicada em um furo parcialmente furado ela pode superaquecer, tornando a furação muito difícil. Além disso, mantenha os furos o mais superficiais possíveis. Use brocas curtas aprovadas, e inunde a área com grandes quantidades de fluido de corte para facilitar a furação e escareamento.

Quando trabalhar titânio é recomendado que use brocas, escareadores e mandris de carboneto ou 8% de cobalto. Assegure-se que a broca ou o mandril estejam rodando para evitar marcar a lateral do furo quando remover qualquer um deles do furo. Use uma furadeira manual apenas quando furadeiras de alimentação positiva não estiverem disponíveis.

As seguintes diretrizes devem ser seguidas quando se furar titânio:

- ❖ O maior diâmetro que pode ser furado de uma só vez é de 0,1563 polegada porque é necessária muita força. Brocas de diâmetro maior não fazem cortes satisfatórios quando se usa muita força. Brocas que não cortam satisfatoriamente provocam danos no furo.
- ❖ Furos com diâmetro de 0,1875 polegada e maior podem ser furados a mão se o operador:
 - Começar o furo com um diâmetro de 0,1563 polegada
 - Aumentar o diâmetro do furo em incrementos de 0,0313 polegada ou 0,0625 polegada.
- ❖ Brocas de cobalto vanádio duram muito mais do que brocas HSS.
- ❖ O ajuste de RPM recomendado para a furadeira para se furar titânio está listada na Figura 4-168.

Hole Size (inches)	Drill Speed (rpm)
0.0625	920 to 1830 rpm
0.125	460 to 920 rpm
0.1875	230 to 460 rpm

- ❖ A vida útil de uma broca é mais curta quando fura titânio do que quando fura aço. Não use uma broca cega ou permita que ela roce a superfície do metal mas não corte. Se uma dessas duas coisas acontecer a superfície do titânio fica endurecida, o que dificulta recomeçar o furo.
- ❖ Quando estiver furando duas ou mais peças de titânio ao mesmo tempo prenda-as de forma bem firme. Para isso use parafusos temporários, prendedores Cleco ou braçadeiras de ferramentas. Coloque os prendedores ao redor da área que será furada, o mais perto possível.
- ❖ Quando furar manualmente peças finas ou flexíveis coloque um apoio (como um bloco de madeira) atrás da peça.
- ❖ O titânio tem baixa condutividade térmica. Quando ele esquenta outros metais unem-se a ele mais facilmente. Partículas de titânio frequentemente se solda as bordas afiadas da furadeira se a velocidade for muito alta. Quando furar chapas grossas ou extrusões use um refrigerante solúvel em água ou óleo sulfurado.

NOTA: o contato íntimo de metal com metal no processo de trabalho cria fricção e calor que deve ser reduzido ou as ferramentas e a chapa de metal usadas no processo serão rapidamente danificadas ou destruídas.

Os refrigerantes, também chamados de fluidos de corte, são usados para reduzir a fricção da interface entre a ferramenta e a chapa de metal, transferindo o calor. Assim, o uso de fluidos de corte aumenta a produtividade, estende a vida útil da ferramenta, e resulta em maior qualidade do trabalho.

Princípios Básicos do Reparo Com Chapas de Metais

Os membros estruturais de uma aeronave são projetados para realizar funções específicas ou para servir a propósitos específicos. O objetivo primário do reparo em aeronaves é restaurar as partes danificadas a sua condição original. Muito frequentemente a substituição é a única alternativa. Quando o reparo de uma peça danificada for possível primeiro estude a peça danificada cuidadosamente para entender seu propósito ou função.

A resistência pode ser a principal exigência no reparo

de determinadas estruturas, enquanto outras podem precisar de qualidades completamente diferentes. Por exemplo, tanques de combustíveis e flutuadores devem ser protegidos contra vazamentos; COWLINGS, FARINGS e partes similares devem ter propriedades tais como boa aparência, formato simplificado e acessibilidade. A função de qualquer parte danificada deve ser cuidadosamente determinada para assegurar que o reparo atenda as exigências.

Uma inspeção do dano e uma estimativa correta do tipo de reparo necessário são os passos mais importantes no reparo do dano estrutural. A inspeção inclui uma estimativa do melhor tipo e formato de remendo de reparo usado: tipo, tamanho e número de rebites necessários. Além disso a resistência, espessura e tipo do material necessário para que a peça reparada não fique mais pesada (ou apenas um pouquinho mais pesada) e tão forte quanto o original.

Quando investigar o dano na aeronave é necessário que se faça uma inspeção intensiva na estrutura. Quando qualquer componente ou grupo de componentes foi danificado é essencial que tanto a peça danificada como a estrutura sejam investigados, porque a força que danificou pode ser sido transmitida por uma área grande, algumas vezes um tanto distante do ponto do dano original. Revestimento enrugado, parafusos e rebites alongados ou danificados, ou distorção dos membros normalmente aparecem na área imediata do dano, e qualquer uma destas condições sugere uma inspeção detalhada da área adjacente. Verifique todos os revestimentos, indentações e rugosidades procurando por rachaduras e abrasões.

Os métodos de inspeção não destrutiva (NDI) são usados quando necessário para inspecionar danos. Os métodos NDI servem como ferramentas de prevenção que permitem que os defeitos sejam detectados antes de se transformarem em falhas perigosas. Um técnico treinado e experiente pode detectar falhas ou defeitos com alto nível de acuracidade e confiabilidade. Alguns dos defeitos encontrados através dos métodos de inspeção não destrutivos incluem corrosão, PITTING, rachaduras por calor ou tensão e descontinuidade dos metais.

Quando estiver investigando danos proceda da seguinte forma:

- Remova toda sujeira, graxa e tinta do dano e áreas adjacentes para determinar a exata con-

dição de cada rebite, parafuso e solda.

- Inspeccione o revestimento procurando por rugosidades.
- Verifique a operação de todas as partes móveis na área.
- Determine se o reparo será o melhor procedimento.

Em qualquer reparo de chapas de metal é fundamental:

- Manter a resistência original,
- Manter o contorno original, e
- Minimizar o peso.

Mantendo a Resistência Original

Certas regras fundamentais devem ser observadas para que a resistência original da estrutura seja mantida.

Assegure-se que a área transversal de uma emenda seja pelo menos igual ou maior do que a área danificada. Evite mudanças abruptas na área transversal. Elimine concentrações perigosas de tensão devido a emendas afiladas. Para reduzir a probabilidade de rachaduras que começam nas extremidades de recortes tente fazê-lo nos formatos circular ou oval. Onde for necessário utilizar um recorte retangular não faça o raio da curvatura, em cada canto, menor que $\frac{1}{2}$ polegada. Se o membro estiver sujeito a compressão ou cargas de flexão o remendo deve estar colocado no lado de fora do membro para obter uma mais alta resistência a tais cargas. Se o remendo não puder ser colocado lá use no reparo material que seja uma medida mais espessa que o original.

Substitua membros deformados ou flexionados e reforce-os adicionando uma emenda sobre a área afetada. Uma parte deformada da estrutura não deve carregar esta carga novamente, independente de quão bem reforçada seja esta parte.

O material usado em todas as substituições e reforços deve ser similar ao usado na estrutura original. Se uma liga mais fraca que o original tiver que ser usada na substituição uma espessura mais pesada deve ser utilizada para proporcionar resistência transversal equiva-

Shape	Initial Material	Replacement Material
Sheet 0.016 to 0.125	Clad 2024-T42 F	Clad 2024-T3 2024-T3 Clad 7075-T6 A 7075-T6 A
	Clad 2024-T3	2024-T3 Clad 7075-T6 A 7075-T6 A
	Clad 7075-T6	7075-T6
Formed or extruded section	2024-T42 F	7075-T6 A B

Sheet Material To Be Replaced	Material Replacement Factor									
	7075-T6	Clad 7075-T6	2024-T3		Clad 2024-T3		F 2024-T4 2024-T42		F Clad 2024-T4 Clad 2024-T42	
	C	C H	D	E	D	E	D	E	D	E
7075-T6	1.00	1.10	1.20	1.78	1.30	1.83	1.20	1.78	1.24	1.84
Clad 7075-T6	1.00	1.00	1.13	1.70	1.22	1.76	1.13	1.71	1.16	1.76
2024-T3	1.00 A	1.00 A	1.00	1.00	1.09	1.10	1.00	1.10	1.03	1.14
Clad 2024-T3	1.00 A	1.00 A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	1.00
2024-T42	1.00 A	1.00 A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.14
Clad 2024-T42	1.00 A	1.00 A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7178-T6	1.28	1.28	1.50	1.90	1.63	2.00	1.86	1.90	1.96	1.98
Clad 7178-T6	1.08	1.18	1.41	1.75	1.52	1.83	1.75	1.75	1.81	1.81
5052-H34 G H	1.00 A	1.00 A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Notes:

- All dimensions are in inches, unless otherwise specified. **A** Cannot be used as replacement for the initial material in areas that are pressured.
- It is possible that more protection from corrosion is necessary when bare mineral is used to replace clad material. **B** Cannot be used in the wing interspar structure at the wing center section structure.
- It is possible for the material replacement factor to be a lower value for a specific location on the airplane. To get that value, contact Boeing for a case-by-case analysis. **C** Use the next thicker standard gauge when using a formed section as a replacement for an extrusion.
- Refer to Figure 4-81 for minimum bend radii. **D** For all gauges of flat sheet and formed sections.
- Example:
To refer 0.040 thick 7075-T6 with clad 7075-T6, multiply the gauge by the material replacement factor to get the replacement gauge
 $0.040 \times 1.10 = 0.045$. **E** For flat sheet < 0.071 thick.
- F** For flat sheet ≥ 0.071 thick and for formed sections.
- G** 2024-T4 and 2024-T42 are equivalent.
- H** A compound to give protection from corrosion must be applied to bare material that is used to replace 5052-H34.

lente. Um material que for mais forte, mas mais fino, não pode ser um substituto para o original porque para isso o material precisa ter maior resistência à tração mas menos resistência à compressão que o outro, ou vice versa. Além disso a resistência a deformações e torção de muitas chapas de metal e partes tubulares dependem primariamente da espessura do material do que da sua resistência admissível a compressão e ci-

salhamento. Os fabricantes de SRM frequentemente indicam quais materiais podem ser utilizados como substitutos e qual a espessura que o material precisa ter. A Figura 4-169 é um exemplo de tabela de substituição encontrada em um SRM.

Deve-se tomar cuidado na conformação. Ligas de alumínio tratadas termicamente ou trabalhadas a frio

Thickness "T" in inches	No. of 2117-T4 (AD) Protruding Head Rivets Required per Inch of Width "W"					No. of Bolts
	Rivet Size					
	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	AN-3
.016	6.5	4.9	--	--	--	--
.020	6.5	4.9	3.9	--	--	--
.025	6.9	4.9	3.9	--	--	--
.032	8.9	4.9	3.9	3.3	--	--
.036	10.0	5.6	3.9	3.3	2.4	--
.040	11.1	6.2	4.0	3.3	2.4	--
.051	--	7.9	5.1	3.6	2.4	3.3
.064	--	9.9	6.5	4.5	2.5	3.3
.081	--	12.5	8.1	5.7	3.1	3.3
.091	--	--	9.1	6.3	3.5	3.3
.102	--	--	10.3	7.1	3.9	3.3
.128	--	--	12.9	8.9	4.9	3.3

Notes:

- For stringer in the upper surface of a wing, or in a fuselage, 80 percent of the number of rivets shown in the table may be used.
- For intermediate frames, 60 percent of the number shown may be used.
- For single lap sheet joints, 75 percent of the number shown may be used.

Engineering Notes

- The load per inch of width of material was calculated by assuming a strip 1 inch wide in tension.
- Number of rivets required was calculated for 2117-T4 (AD) rivets, based on a rivet allowable shear stress equal to percent of the sheet allowable tensile stress, and a sheet allowable bearing stress equal to 160 percent of the sheet allowable tensile stress, using nominal hole diameters for rivets.
- Combinations of sheet thickness and rivet size above the underlined numbers are critical in (i.e., will fail by) bearing on the sheet; those below are critical in shearing of the rivets.
- The number of AN-3 bolts required below the underlined number was calculated based on a sheet allowable tensile stress of 55,000 psi and a bolt allowable single shear load of 2,126 pounds.

suportam muito pouca flexão sem rachar. Por outro lado as ligas macias são facilmente conformadas mas não fortes o suficiente para o uso em estruturas primárias. Ligas fortes podem ser conformadas quando recozidas (aquecidas e com resfriamento lento), assim como tratadas termicamente antes da montagem, para desenvolver resistência.

O tamanho dos rebites para qualquer reparo pode ser determinado referindo-se aos rebites usados pelos fabricantes na próxima fileira de rebites paralelos no interior da asa ou na parte da frente da fuselagem. Outro método para se determinar o tamanho dos rebites que serão utilizados é multiplicar a espessura do revestimento por três e usar o próximo tamanho maior correspondente a este número. Por exemplo: se a espessura do revestimento é de 0,040 polegada, multiplique 0,040 polegada por 3, o que é igual a 0,120 polegada e use o próximo tamanho maior de rebite, 1/8 polegada (0,125 polegada). O número de rebites que serão

utilizados para o reparo pode ser encontrado em tabelas dos fabricantes de SRM ou na Circular Consultiva (AC) 43.13-1 (revista), Métodos Aceitáveis, Técnicas e Práticas - Inspeção e Reparo de Aeronave. A Figura 4-170 é uma tabela do AC 43.13-1 que é utilizada para calcular o número de rebites necessários para um reparo.

Reparos grandes, que são resistentes demais, podem ser tão indesejáveis quando reparos mais fracos do que a estrutura original. Toda estrutura da aeronave deve flexionar levemente para suportar as forças impostas durante decolagem, voo e aterrissagem. Se uma área reparada for resistente demais ocorrerá uma flexão excessiva nas bordas do reparo, causando uma aceleração da fadiga do metal.

Resistência de Cisalhamento e Capacidade de Carga

O projeto da articulação estrutural das aeronaves envolve uma tentativa de encontrar uma ótima relação de resistência entre ser crítico com relação ao cisa-

lhamento e crítico com relação a capacidade de carga. Estes são determinados pelo tipo de falha que afeta a articulação. A junta é crítica em cisalhamento se menos do que a metade do número ótimo de prendedores, de um determinado tamanho, está instalada. Isto significa que os rebites falharão, e não a chapa, se a junta falhar. A junta é crítica em capacidade de carga se mais do que o número ótimo de prendedores, de um determinado tamanho, estiver instalada. O material poderá rachar e rasgar entre os furos, ou os furos podem se distorcer e alongar enquanto que os prendedores permanecem intactos.

Mantendo o Contorno Original

Conforme todos os reparos de modo a manter o contorno original. Um contorno liso é especialmente desejável quando são feitos remendos no revestimento externo de aeronaves de alta velocidade.

Mantendo o Peso Mínimo

Mantenha o peso de todos os reparos no mínimo. Faça o tamanho dos remendos o menor possível e não use mais rebites do que o necessário. Em muitos casos os reparos perturbam o equilíbrio original da aeronave, exigindo ajustes no TRIM-AND-BALANCE TABS. Em áreas como o SPINNER na hélice um reparo exige a aplicação de remendos de equilíbrio para manter o equilíbrio perfeito da hélice. Quando controles de voo são reparados e peso é adicionado é muito importante que se realize uma verificação de equilíbrio para determinar se o controle de voo ainda está dentro dos limites de equilíbrio. Uma falha nisto pode resultar em vibração do controle de voo.

Vibração e Precauções

Para prevenir a ocorrência de vibração forte das superfícies de controle de voo durante os voos devem-se tomar precauções para que, quando manutenção e reparos forem feitos, sejam mantidos os limites de equilíbrio do projeto. A importância de se manter o equilíbrio adequado e a rigidez das superfícies dos controles de voo não deve ser subestimada. O efeito dos reparos ou mudança de peça no equilíbrio e CG é proporcionalmente maior nas superfícies mais leves do que nos projetos mais antigos e pesados. Como regra geral repare a superfície de controle de tal modo que a distribuição de peso não seja afetada de forma alguma, para impedir a ocorrência de vibração na superfície de controle durante o voo. Sob certas condições um contrapeso é adicionado na frente da linha de articulação para se manter o equilíbrio. Adicione ou remova pesos de equilíbrio apenas quando necessário

e de acordo com as instruções do fabricante. Testes de voo devem ser realizados para assegurar que a vibração não é um problema. A falha em verificar ou manter o equilíbrio das superfícies de controle dentro dos valores originais ou máximo permissível pode resultar em sério perigo no voo.

Os fabricantes de aeronaves usam diferentes técnicas e projetos de reparos aprovados para um tipo de aeronave e não automaticamente aprovados para outros tipos de aeronaves. Quando reparar um componente ou peça danificada consulte a seção aplicável no SRM do fabricante da aeronave. O SRM normalmente contém uma ilustração de reparo semelhante juntamente com uma lista dos tipos de materiais, rebites, espaçamento de rebites, assim como métodos e procedimentos a ser utilizados. Qualquer conhecimento adicional necessário para que o reparo seja feito também estará detalhado. Se a informação necessária não for encontrada no SRM tente encontrar um reparo ou montagem semelhante instalada pelo fabricante da aeronave.

Inspeção de Dano

Quando inspecionar visualmente um dano lembre-se que podem existir outros tipos de danos além dos causados por impacto de objetos estranhos ou colisão. Uma aterrissagem difícil pode sobrecarregar um dos trens de pouso fazendo com que fique SPRUNG, e isso seria classificado como dano de carga. Durante a inspeção e avaliação do trabalho de reparo considere o quanto este dano causado pelo SPRUNG SHOCK STRUT se estende aos membros estruturais.

Um choque que ocorre em uma extremidade de um membro é transmitido em todo seu comprimento. Além disso inspecione atentamente todos os rebites, parafusos e estruturas ligadas ao longo de todo o membro, procurando por evidências de danos. Examine com atenção rebites que podem estar parcialmente danificados ou furos que tenham sido alongados.

Existindo dano específico ou não a estrutura de uma aeronave deve ser periodicamente inspecionada com relação a sua integridade estrutural. Os parágrafos a seguir fornecem diretrizes gerais sobre esta inspeção. Quando inspecionar a estrutura de uma aeronave é muito importante que procure por evidência de corrosão na parte interna. É mais provável que ocorra em POCKETS ou cantos onde a umidade e salinidade possam se acumular. Além disso, os furos dos drenos devem sempre ser mantidos limpos.

Enquanto que um dano no revestimento de cobertura causado pelo impacto com um objeto é evidente, um defeito como uma distorção ou falha de uma subestrutura pode não ser aparente até que uma evidência apareça na superfície, como uma cobertura inclinada, deformada ou enrugada, rebites soltos ou trabalhando.

Um rebite que está trabalhando é aquele que se movimenta sob tensão estrutural, mas não está tão solto que movimento possa ser observado. Esta situação pode ser percebida, algumas vezes, por um resíduo preto e gorduroso ou deterioração da tinta e bases ao redor da cabeça dos rebites. Indicações externas de danos internos devem ser observadas e corretamente interpretadas. Quando encontrados deve-se fazer uma investigação da subestrutura ao redor.

Asas deformadas são normalmente indicadas pela presença de rugosidades paralelas no revestimento que correm diagonalmente ao longo das asas e estendem-se por uma grande área. Esta condição pode se desenvolver por manobras violentas, ar muito turbulento ou pousos muito difíceis. Embora possam não ocorrer rupturas em qualquer parte da estrutura, elas podem ser distorcidas e enfraquecidas. Falhas similares também podem acontecer na fuselagem. Pequenas rachaduras no revestimento podem ser causadas pela vibração e estes normalmente são percebidos a partir dos rebites.

As superfícies de liga de alumínio que tem a camada protetora lascada, arranhões ou manchas de desgaste que expõem a superfície do metal devem ser recobertas logo, caso contrário corrosão pode se desenvolver rapidamente. O mesmo princípio se aplica as superfícies com revestimento de alumínio (Alclad™). Arranhões que penetram na superfície de alumínio puro permitem que a corrosão se instale na liga que fica abaixo.

Uma simples inspeção visual não pode determinar com acuracidade se as rachaduras suspeitas nos principais membros estruturais realmente existem, ou qual a sua extensão total. As técnicas de inspeção com ultrassom e corrente Eddy são utilizadas para encontrar danos escondidos.

Tipos de Danos ou Defeitos

Tipos de danos ou defeitos que podem ser observados em partes de aeronaves estão definidas abaixo:

- BRINELLING – ocorrência de depressões

rasas e esféricas na superfície, normalmente produzidas por uma parte que tenha um raio pequeno em contato com uma superfície sob alta carga.

- Polimento – polimento de uma superfície pelo contato de deslizamento com uma superfície lisa e mais dura. Normalmente não há deslocamento ou remoção do metal.
- Rebarba – uma seção de metal fina e pequena que se estende além da superfície regular, normalmente localizada no canto ou borda de um furo.
- Corrosão – perda de metal da superfície por ação química ou eletroquímica. Os produtos corrosivos são normalmente removidos por meio mecânico. A ferrugem é um exemplo de corrosão.
- Rachadura – uma separação física de duas partes adjacentes de metal, evidenciada por uma linha fina ao longo da superfície, causada por tensão excessiva em um ponto. Ela pode se estender para dentro da superfície por alguns centésimos de polegada ou através de toda a espessura da seção.
- Corte – perda de metal, normalmente por uma profundidade apreciável, por uma área relativamente longa e estreita, por ação mecânica, e ocorre com o uso de uma lâmina de serra, cinsel, ou a borda afiada de uma pedra.
- Dente – indentação na superfície do metal produzida por um objeto golpeado com força. A superfície ao redor da indentação normalmente fica um pouco amassada.
- Erosão – perda de metal da superfície por ação mecânica ou objetos estranhos, tais como sabão ou areia. A área erodida é áspera e pode estar alinhada na direção na qual o material estranho moveu-se em relação a superfície.
- CHATTERING – colapso ou deterioração da superfície do metal por ação vibratória ou trepidação. Embora o CHATTERING possa ter a aparência geral de perda de metal ou rachamento da superfície normalmente nenhum

dos dois ocorreu.

- **GALLING** - colapso (ou acúmulo) de superfícies de metal devido a fricção excessiva entre duas partes que tem movimento relativo. As partículas do metal mais macio são arrancadas e soldadas ao metal mais duro.
- **GOUVE** (goiva) – ranhura ou colapso da superfície do metal por contato com material estranho sob alta pressão. Isto normalmente indica perda de metal mas pode ser deslocamento de material.
- **Inclusão** – presença de material estranho dentro do metal. Tal material é introduzido durante a manufatura da haste, barra ou tubo por laminação ou forjamento.
- **NICK** (entalhe, lasca) – quebra local ou entalhe em uma borda. Isto normalmente envolve o deslocamento de metal, ao invés de perda.
- **PITTING** – um rompimento acentuado e localizado (cavidade pequena e profunda) na superfície do metal, normalmente com bordas definidas.
- **Arranhão** – leve rasgo ou quebra na superfície do metal que acontece por um contato leve e momentâneo com material estranho.
- **SCORE** (corte) – rasgo mais profundo que um arranhão, ou quebra da superfície do metal, ocasionado pelo contato sob pressão. Pode demonstrar descoloração pela temperatura produzida pela fricção.
- **Mancha** – mudança da cor, causada localmente por uma aparência bastante diferente daquela da região adjacente
- **UPSETTING** – um deslocamento de metal além do contorno normal ou superfície (saliência ou protuberância local). Normalmente indica perda de metal.

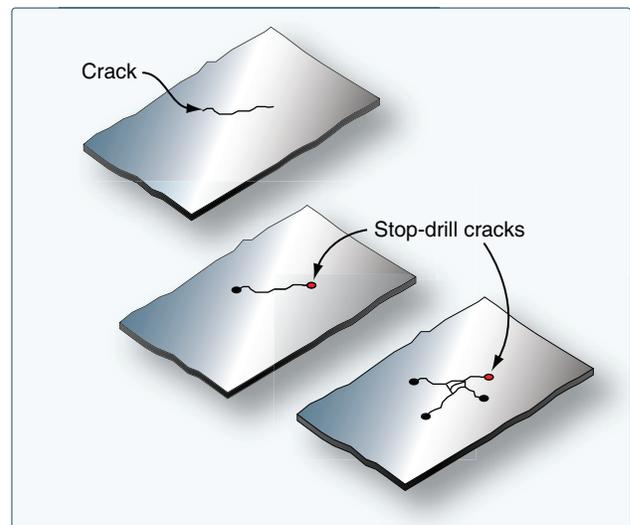
Classificação do Dano

Os danos podem ser agrupados em quatro classes gerais. Em muitos casos as disponibilidades de material de reparo e tempo são os fatores mais importantes para determinar se a parte deve ser reparada ou substituída.

Dano Desprezível

Um dano desprezível consiste em um dano visualmente aparente, superficial, que não afeta a integridade estrutural do componente envolvido. Um dano desprezível pode ser deixado como está ou corrigido por um procedimento simples sem restringir o voo. Em ambos os casos alguma ação corretiva deve ser feita para evitar que o dano se espalhe. Áreas com danos desprezíveis ou menores devem ser frequentemente inspecionadas para que se certifique que o dano não está se espalhando. Os limites permissíveis para danos mínimos variam nos diferentes componentes de diferentes aeronaves e devem ser cuidadosamente pesquisados individualmente. As falhas para que se certifiquem que os danos estão dentro dos limites mínimos, ou que sejam desprezíveis, podem resultar em resistência estrutural insuficiente do membro afetado para condições de voo críticas.

Pequenas indentações, arranhões, rachaduras e furos que podem ser reparados por polimento, lixamento, fim da perfuração ou martelamento, ou que sejam reparados sem o uso de materiais adicionais, entram nesta classificação. [Figura 4-171]



Dano Reparável por Remendo

O dano reparável por remendo é qualquer dano que exceda os limites do dano mínimo e que possa ser reparado pela instalação de emendas para unir a porção danificada de uma parte estrutural. As emendas são projetadas para unir áreas danificadas e sobrepor a porção não danificada ao redor da estrutura. O material de emenda ou remendo usado em reparos internos

rebitados e parafusados são normalmente do mesmo tipo de material da parte danificada, mas uma medida mais pesada. Em um remendo o material da mesma medida e tipo do que o danificado pode ser usado para propósitos de carga ou retorno da parte danificada ao seu contorno original. Prendedores estruturais são aplicados ao membros que estão ao redor da estrutura para restaurar as características de carga originais da área danificada. O uso de remendos depende no tamanho do dano e da acessibilidade do componente a ser reparado.

Dano Reparável Por Inserção

Um dano pode ser reparado por inserção quando a área é grande demais para receber um remendo ou a estrutura está organizada de uma forma que os membros do reparo interfeririam no alinhamento estrutural (por exemplo, em uma articulação ou anteparo). Neste tipo de reparo a porção danificada é removida da estrutura e substituída por um membro com material e formato idêntico. Conexões nas emendas, em cada extremidade do membro de inserção proporcionam a transferência de carga para a estrutura original.

Dano Que Precisa de Substituição das Partes

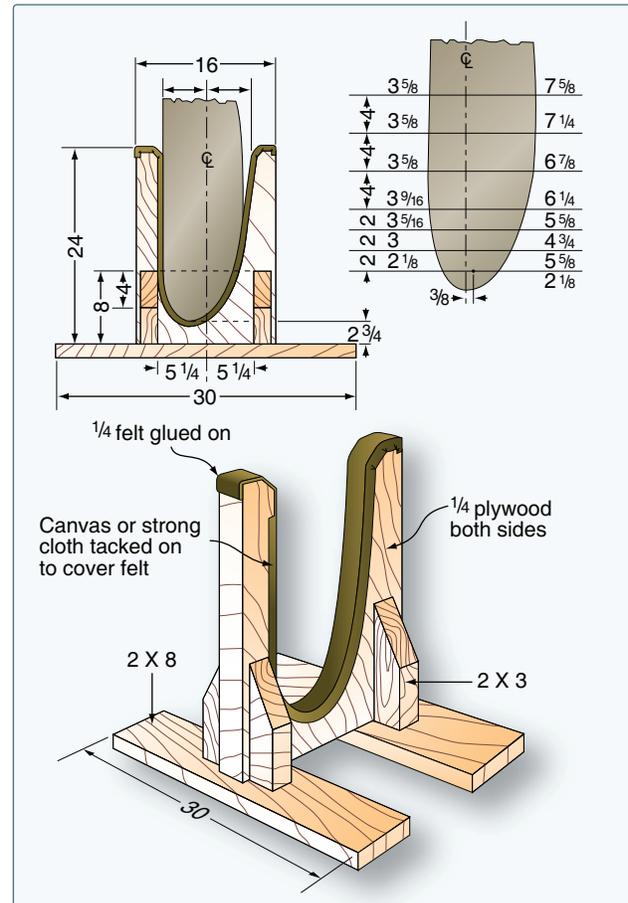
Os componentes devem ser substituídos quando sua localização ou extensão do dano não torna o reparo prático, quando a substituição é mais econômica que o reparo, ou quando o parte danificada é de substituição relativamente fácil. Por exemplo, substitua CASTINGS, FORGINGS, HINGES e pequenos membros estruturais, quando disponíveis, porque é mais prático do que consertá-los. Alguns membros altamente tensionados devem ser substituídos porque o reparo não restauraria a margem de segurança adequada.

Os métodos, procedimentos e materiais a seguir são apenas representativos e não devem ser usados para um reparo.

Apoio Estrutural Durante o Reparo

Durante o reparo a aeronave deve ser apoiada adequadamente para evitar mais distorções ou danos. Também é importante que a estrutura adjacente ao reparo seja apoiada quando estiver sujeita a cargas estáticas. A estrutura da aeronave pode ser apoiada adequadamente pelo trem de pouso ou por macacos quando o trabalho envolver um reparo como remover as superfícies de controle, painéis das asas ou estabilizadores. Devem ser preparadas estruturas para segurar estes componentes quando elas são removidas da aeronave. Quando o trabalho envolver o reparo em uma parte grande da fuselagem o trem de pouso, ou seção cen-

tral da asa, um JIG (um dispositivo para manter as partes na posição necessária para que mantenham a sua forma) pode ser construído para distribuir as cargas enquanto os reparos estão sendo realizados. A Figura 4-172 mostra um JIG típico de aeronave. Sempre verifique a o manual de manutenção de aeronave aplicável para as necessidades específicas de suporte.



Avaliação do Dano

Antes de começar qualquer reparo a extensão do dano deve ser completamente avaliada para determinar se o reparo é autorizado ou até mesmo prático. Esta avaliação deve identificar o material original utilizado e o tipo de reparo necessário. A avaliação do dano começa com a inspeção das juntas rebitadas e uma inspeção com relação a corrosão.

Inspeção das Juntas Rebitadas

A inspeção consiste em examinar as cabeças de oficina e manufaturadas, o revestimento circundante e partes estruturais para deformidades.

Durante o reparo da uma parte estrutural de aeronave

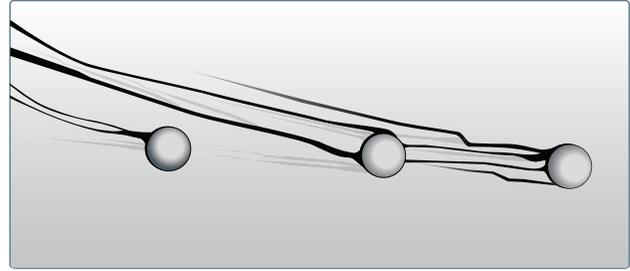
ve examine as partes adjacentes para determinar as condições dos rebites próximos. A presença de tinta lascada ou rachada ao redor das cabeças pode indicar rebites soltos ou deslocados. Se as cabeças estiverem inclinadas ou os rebites soltos eles se mostram em grupos de diversos rebites consecutivos provavelmente inclinados na mesma direção. Se as cabeças que parecem estar inclinadas não estiverem em grupos e não estiverem inclinadas na mesma direção a inclinação pode ter ocorrido em alguma instalação anterior.

Inspecione os rebites, que são conhecidos por terem recebido carga crítica mas que não mostram distorção visível, furando a cabeça e cuidadosamente perfurando a haste. Se durante o exame a haste parecer estremecida e os furos desalinhados na chapa o rebite teve uma falha de cisalhamento. Neste caso determine o que está provocando a tensão e tome as ações corretivas necessárias. Rebites rebaixados que demonstrem derrapagem da cabeça dentro do furo escareado ou rebaixado indicam ou falha de carga da chapa ou falha de cisalhamento do rebite, que devem ser substituídos.

Estremecimentos em hastes de rebites removidos indicam falha parcial de cisalhamento. Substitua estes rebites com o próximo tamanho maior. Da mesma forma, se os furos dos rebites mostrarem alongamento substitua os rebites com o próximo tamanho maior. Falhas nas chapas, tais como rasgos e rachaduras normalmente indicam rebites danificados, e o reparo completo da junção pode demandar a substituição dos rebites com o próximo tamanho maior.

A presença de um resíduo preto ao redor dos rebites não é uma indicação de que estão soltos, mas uma indicação de movimento (fricção). O resíduo, que é óxido de alumínio, é formado por uma pequena quantidade de movimento entre o rebite e a superfície adjacente. Isto é chamado de corrosão por fricção porque a poeira do alumínio rapidamente forma uma trilha que parece escura e suja, como se fosse fumaça. Muitas vezes o desgaste das peças móveis pode propagar uma rachadura. Se existe suspeita que um rebite esteja defeituoso este resíduo pode ser removido com uma esponja abrasiva para uso geral, como aquelas manufaturadas pela Scotch Brite™ e se inspecionar a superfície para verificar a existência de PITTING ou rachaduras. [Figura 4-173]

Rachaduras na fuselagem não são necessariamente causadas por rebites defeituosos. É uma prática co-



num na indústria escolher o padrão dos rebites presumindo-se que um ou mais rebites não sejam eficientes. Isto significa que um rebite solto não sobrecarregará, necessariamente, os rebites adjacentes ao ponto de provocar rachaduras.

As rachaduras na cabeça dos rebites são aceitáveis sob as seguintes condições:

- A profundidade das rachaduras é menor do que $1/8$ do diâmetro do pino.
- A largura da rachadura é menor do que $1/16$ do diâmetro do pino
- O comprimento da rachadura está restrito a uma área da cabeça dentro de um círculo que tem diâmetro máximo de $1 \frac{1}{4}$ do diâmetro do pino.
- Não deve haver intersecção entre as rachaduras, o que criaria um potencial para que se perdesse uma parte da cabeça.

Inspeção de Corrosão

A corrosão é uma deterioração gradual do metal devido a uma reação química ou eletromagnética com o ambiente. Esta reação pode ser desencadeada pela atmosfera, umidade ou outros agentes. Quando inspecionar a estrutura de uma aeronave é importante procurar por evidências de corrosão em ambos os lados, interno e externo. Corrosão no lado interno é mais provável de ocorrer em bolsos e cantos onde a umidade e salinidade podem se acumular. Além disso, os orifícios dos drenos devem estar sempre limpos. Inspecione também os membros circundantes para verificar a existência de evidência de corrosão.

Remoção de Dano

Para se preparar uma área danificada que será consertada:

1. Remova todo revestimento distorcido e estrutura na área danificada.

2. Remova o material danificado de forma que as bordas do reparo casem com a estrutura existente e linhas da aeronave.
3. Arredonde todos os cantos.
4. Alise qualquer abrasão e/ou indentações.
5. Remova e incorpore no novo reparo qualquer reparo prévio unindo a área ao novo reparo.

Seleção de Material para o Reparo

O material do reparo deve duplicar a resistência da estrutura original. Se uma liga mais fraca do que o material original tiver que ser usada então será necessário escolher uma medida mais pesada para proporcionar resistência transversal equivalente. Uma material de medida mais leve não deve ser usado nem mesmo quando se usar uma liga mais forte.

Layout de Peças de Reparo

Todas as seções novas fabricadas para reparo e substituição de partes danificadas, em uma determinada aeronave, deve ser cuidadosamente projetada nas dimensões determinadas no manual da aeronave antes de ser encaixada na estrutura.

Seleção dos Rebites

Normalmente o tamanho e material dos rebites deve ser o mesmo dos originais da peça que está sendo reparada. Se um furo de rebite foi alongado ou deformado o rebite que deverá ser utilizado é do próximo

tamanho maior. Quando isto é feito a distância da borda adequada para um rebite maior deve ser mantida. Rebites cegos devem ser utilizadas quando o acesso a parte interna da estrutura não for possível, e neste caso consulte sempre o manual de manutenção da aeronave para verificar recomendações de tamanho, tipo, espaçamento e numero de rebites necessário para substituir os rebites originais instalados ou aqueles que são necessários para o tipo de reparo que está sendo realizado.

Espaçamento dos Rebites e Distância da Borda.

O padrão de rebites para o reparo deve estar conforme as instruções do manual da aeronave. O padrão de rebites existente é utilizado sempre que possível.

Tratamento Contra Corrosão

Antes de montar peças para substituição ou reparos certifique-se que toda a corrosão existente foi removida da área e que as peças foram adequadamente isoladas uma da outra.

Aprovação do Reparo

Uma vez que se estabeleceu a necessidade de reparo da aeronave, o Título 14 do Código de Regulamentações Federais (14 CFR) define o processo de aprovação. A 14 CFR parte 43, seção 43.13(a) afirma que cada pessoa realizando manutenção, alteração, ou manutenção preventiva em uma aeronave, motor, hélice, ou equipamento deve usar métodos, técnicas e práticas descritas no corrente manual de manutenção da aeronave, ou instruções para aeronavegabilidade

 MAJOR REPAIR AND ALTERATION (Airframe, Powerplant, Propeller, or Appliance)		Form Approved OMB No. 2120-0020 32202011	Electronic Tracking Number For FAA Use Only
<small>INSTRUCTIONS: Print or type all entries. See Title 14 CFR §43.9, Part 43 Appendix B, and AC 43.9-1 (or subsequent revision thereof) for instructions and disposition of this form. This report is required by law (49 U.S.C. §44701). Failure to report can result in a civil penalty for each such violation. (49 U.S.C. §46301(a)).</small>			
1. Aircraft Nationality and Registration Mark Make Model Serial No.		2. Owner Name (As shown on registration certificate) Address (As shown on registration certificate) City State Zip Country	
3. For FAA Use Only			
4. Type Repair <input type="checkbox"/> Alteration <input type="checkbox"/>		5. Unit Identification Unit Make Model Serial No.	
AIRFRAME POWERPLANT PROPELLER APPLIANCE		(As described in Item 1 above)	
6. Conformity Statement A. Agency's Name and Address Name Address City State			
B. Kind of Agency <input type="checkbox"/> U.S. Certified Mechanic <input type="checkbox"/> Foreign Certified Mechanic <input type="checkbox"/> Certified Repair Station			
C. Certificate No. Manufacturer			

NOTICE <small>Weight and balance or operating limitation changes shall be entered in the appropriate aircraft record. An alteration must be compatible with all previous alterations to assure continued conformity with the applicable airworthiness requirements.</small>	
8. Description of Work Accomplished <small>(If more space is required, attach additional sheets. Identify with aircraft nationality and registration mark and date work completed.)</small>	
<input type="text"/> <small>Nationality and Registration Mark</small>	<input type="text"/> <small>Date</small>
Paperwork Reduction Act Statement: The reason for collecting this information is to track major maintenance performed on aircraft. The collected information is used as part of the aircraft's historical file. The public reporting burden for this collection of information is estimated to average 30 minutes per response. Responses are mandated by 14 CFR Part 43. Collected information becomes part of the public record and no confidentiality is required. An agency may not conduct or sponsor, and a person is not required to respond to a collection of information unless it displays a currently valid OMB control number. The OMB control number associated with this collection is 2120-0020. Comments concerning the accuracy of this burden and suggestions for reducing the burden should be directed to the FAA at: 800 Independence Ave. SW Washington, DC 20591, Attn: Information Collection Clearance Officer, AES-200.	

continuada preparadas pelo fabricante, ou outros métodos, técnicas ou práticas aceitáveis pelo Administrador. O AC 43.13-1 contém métodos, técnicas e práticas aceitáveis pelo Administrador para a inspeção e reparo de aeronaves civis não pressurizadas para uso apenas quando não existem instruções de manutenção ou reparo fornecidas pelo fabricante. Estes dados geralmente estão relacionados a reparos menores. Os reparos identificados nesta AC podem apenas se utilizados como uma base para aprovação da FAA para reparos grandes. Os dados sobre o reparo também podem ser utilizados como dados aprovados, e o capítulo da AC, página, parágrafo listado no bloco 8 do Formulário 37 da FAA quando:

- a. O usuário tiver determinado que é apropriado ao produto que está sendo reparado;
- b. É diretamente aplicável ao reparo que está sendo feito; e
- c. Não é contrário aos dados do fabricante.

O apoio de engenheiros do fabricante da aeronave é necessário para técnicas e métodos de reparo que não estão descritas no manual de manutenção da aeronave ou SRM.

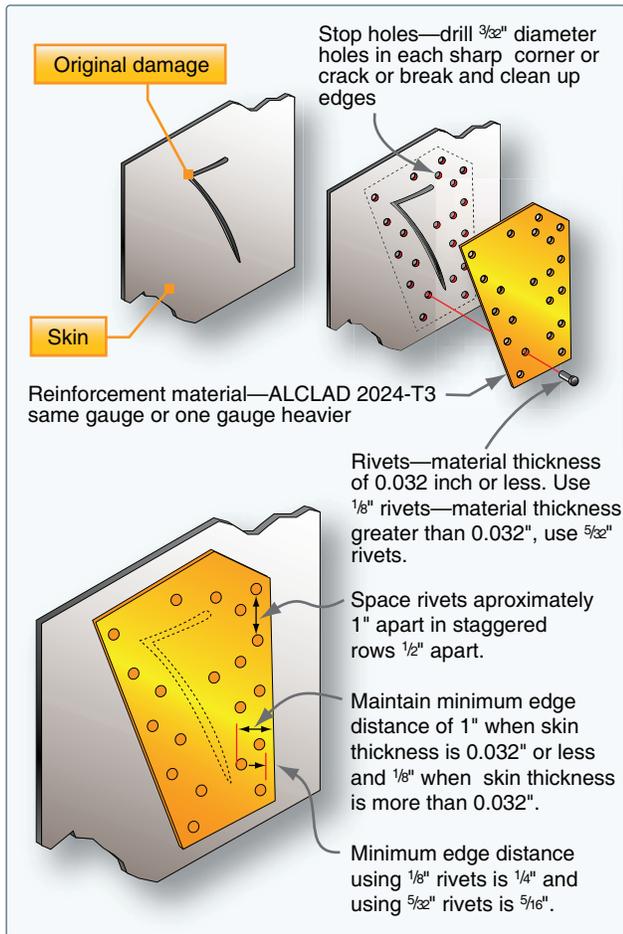
O Formulário 337 da FAA, Principais Reparos e Alterações, deve ser completado para reparos das seguintes partes de uma célula e reparos dos seguintes tipos envolvendo o alinhamento, reforço, SPLICING e manufatura de membros estruturais primários, ou sua substituição, quando esta for por fabricação, tais como rebiteagem ou soldagem. [Figura 4-174]

- BOX BEAMS
- Asas monocoque e semimonocoque ou superfícies de controle.
- Longarinas de asa ou membros da corda
- SPARS (mastos)
- Flanges de SPARS
- Membros de viga tipo treliça (TRUSS-TYPE BEAMS)
- Finas chapas em teia de treliças

- Membros de KEEL e CHINE de cascos ou flutuadores
- Membros de chapa de compressão corrugadas que atuam como material de flange de asas ou superfícies de cauda
- Viga principal da asa e membros de compressão
- BRACE STRUTS da superfície da asa ou cauda, longarinas da fuselagem
- Membros da treliça lateral, treliça horizontal ou anteparos
- MAIN SEAT apoio de braçadeiras e suportes
- BRACE STRUTS do trem de pouso
- Reparos envolvendo a substituição de materiais
- Reparos em áreas danificadas em metal ou compensados que excedam seis polegadas em qualquer direção.
- Reparo em porções de chapas de revestimento em que junções adicionais sejam feitas
- Emendas em chapas finas
- Reparo em três ou mais NERVURAS/ESTRIAS adjacentes de asa ou superfície de controle ou o bordo de ataque das asas e superfícies de controle entre estas ESTRIAS/NERVURAS subjacentes.
- Para reparos grandes feitos de acordo com o manual ou especificações aceitáveis do Administrador uma estação de reparos certificada pode usar a ordem de trabalho do cliente sob a qual o reparo está registrado no lugar do Formulário 337 da FAA.

Reparo em Revestimento de Estrutura Tensionado

Na construção de aeronaves o revestimento tensionado é uma forma de construção na qual a cobertura externa de uma aeronave carrega parte de todas as cargas principais. O revestimento tensionado é feito de chapas de alumínio de alta resistência. O revestimento tensionado carrega uma grande parte da carga imposta

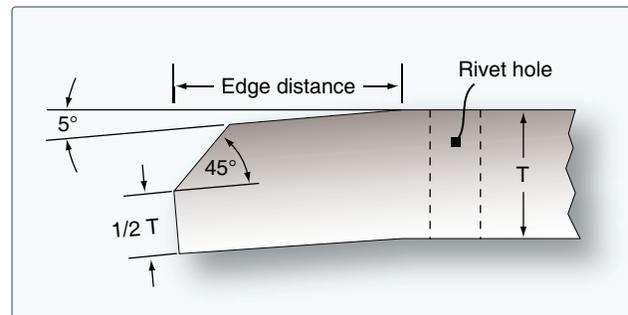


- Remendo LAP ou SCAB
- Remendo FLUSH

Remendo LAP ou SCAB

O tipo de remendo LAP ou SCAB é um remendo externo onde as bordas do remendo e o revestimento se sobrepõem. A porção de sobreposição do remendo é rebitada no revestimento. Os remendos LAP podem ser usados na maioria das áreas onde a suavidade aerodinâmica é importante. A Figura 4-175 mostra um remendo típico para uma rachadura ou furo.

Quando reparar rachaduras ou furos pequenos com um remendo LAP ou SCAB a área danificada deve ser limpa e suavizada. No reparo de rachaduras um pequeno furo deve ser feito em cada extremidade e curva acentuada da rachadura antes de se aplicar o remendo. Estes furos aliviam a tensão nestes pontos e evitam que a rachadura se espalhe. O remendo deve ser grande o suficiente para a instalação do número de rebites necessários. Ele pode ser circular, quadrado ou retangular. Se for quadrado ou triangular os cantos devem ser arredondados em um raio não menor que $\frac{1}{4}$ polegada. Os bordos devem ser chanfrados em um ângulo de 45° em metade da espessura do material, e dobrados 5° sobre a distância da borda para vedar as bordas. Isto reduz a chance de que o reparo seja afetado pelo fluxo de ar sobre ele. Estas dimensões são mostradas na Figura 4-176.



na estrutura da aeronave. Várias áreas específicas do revestimento são classificadas como altamente críticas, semi-críticas ou não críticas. Para se determinar as exigências específicas de reparo destas áreas consulte o manual de manutenção adequado da aeronave.

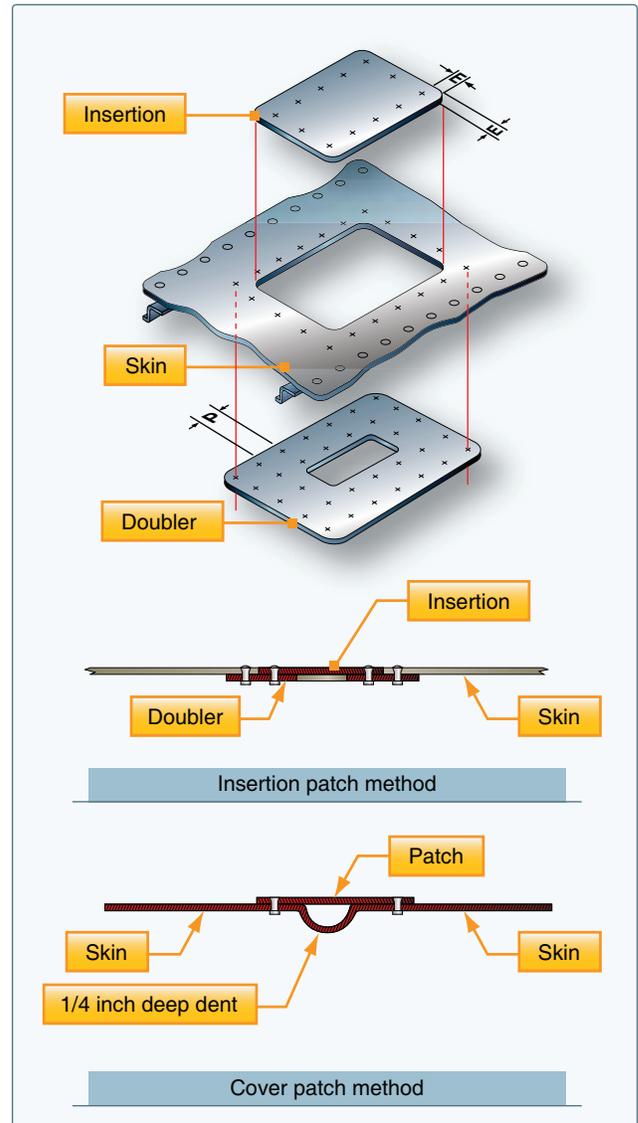
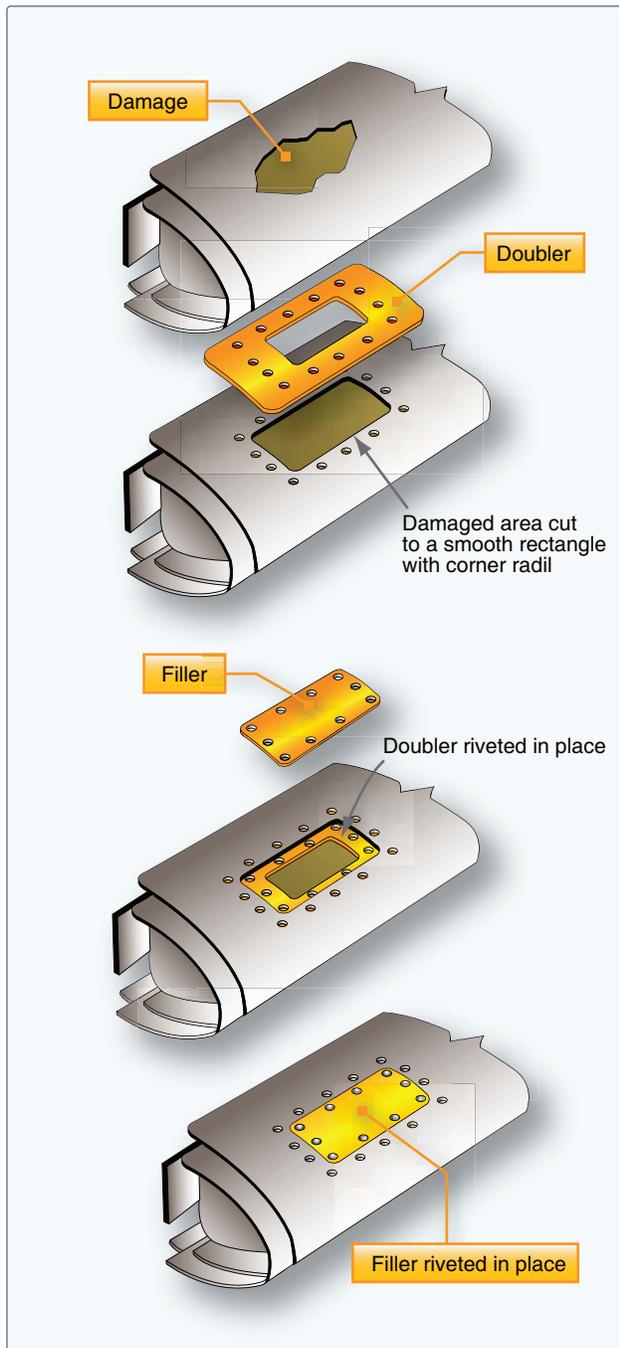
Danos pequenos no lado externo do revestimento da aeronave podem ser reparados com a aplicação de remendos no lado interno da chapa danificada. Um tampão de enchimento deve ser instalado no furo feito pela remoção da área de revestimento danificado. Este tampão preenche o furo e forma uma superfície externa lisa necessária para a aerodinâmica da aeronave. O tamanho e formato do remendo são determinados, em geral, pelo número de rebites do reparo. Se não especificados calcule o número de rebites necessários usando a fórmula de rebites. Faça o remendo do mesmo material do revestimento original e da mesma espessura, ou da próxima espessura mais grossa.

Remendos

Os remendos de revestimento podem ser classificados em dois tipos:

Remendo FLUSH

O remendo FLUSH é um remendo de enchimento que é nivelado ao revestimento quando aplicado. Ele é apoiado e rebitado na chapa de reforço e, por sua vez, rebitado no lado de dentro do revestimento. A Figura 4-177 mostra um reparo de remendo FLUSH típico. O duplicador é inserido pela abertura e girado até que se encaixe sob o revestimento. O enchimento deve ter a mesma medida e ser do mesmo material



do revestimento original. O duplicador deve ser do mesmo material mas uma medida mais pesada do que o revestimento.

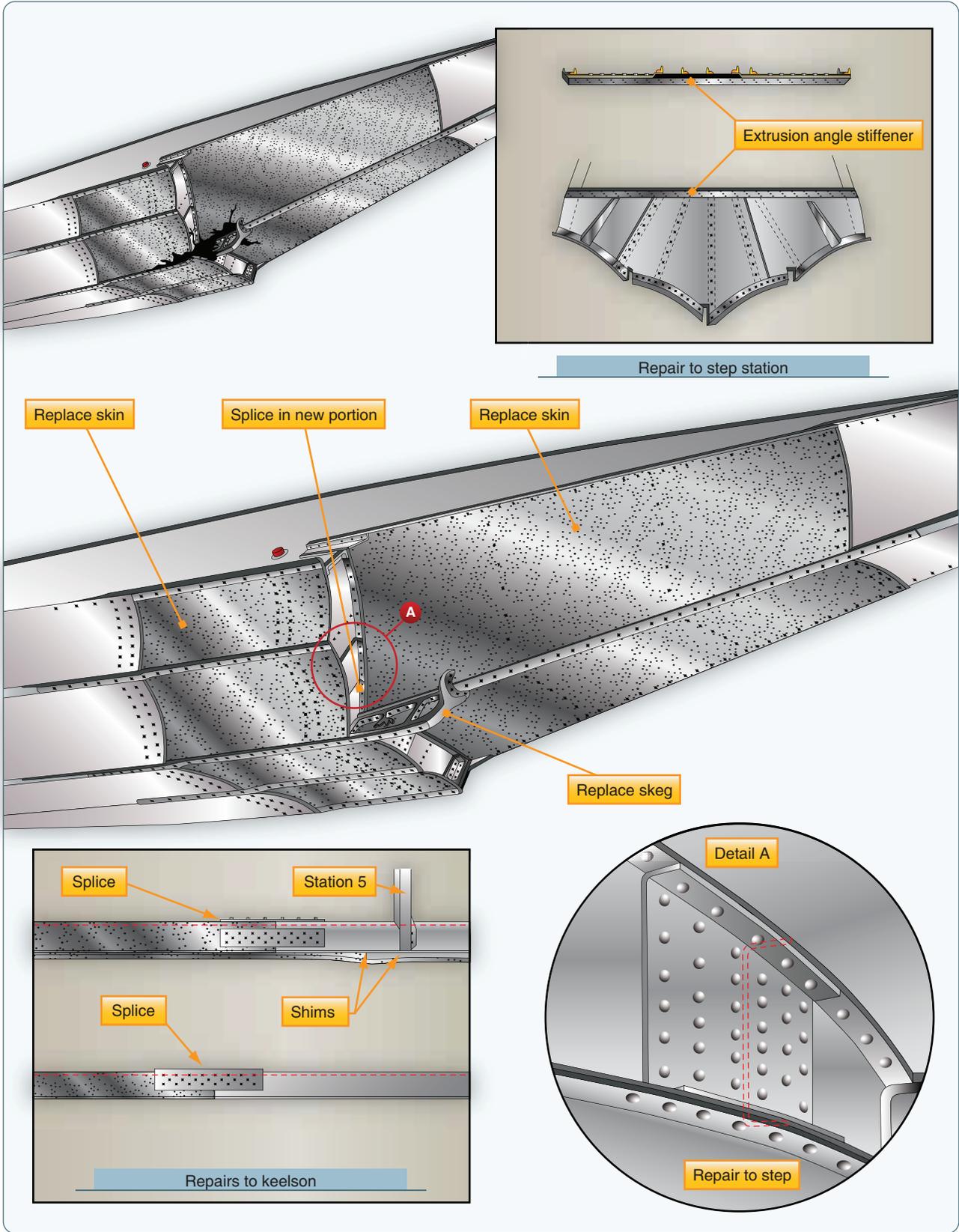
Área de Reparo do Revestimento Aberta e Fechada

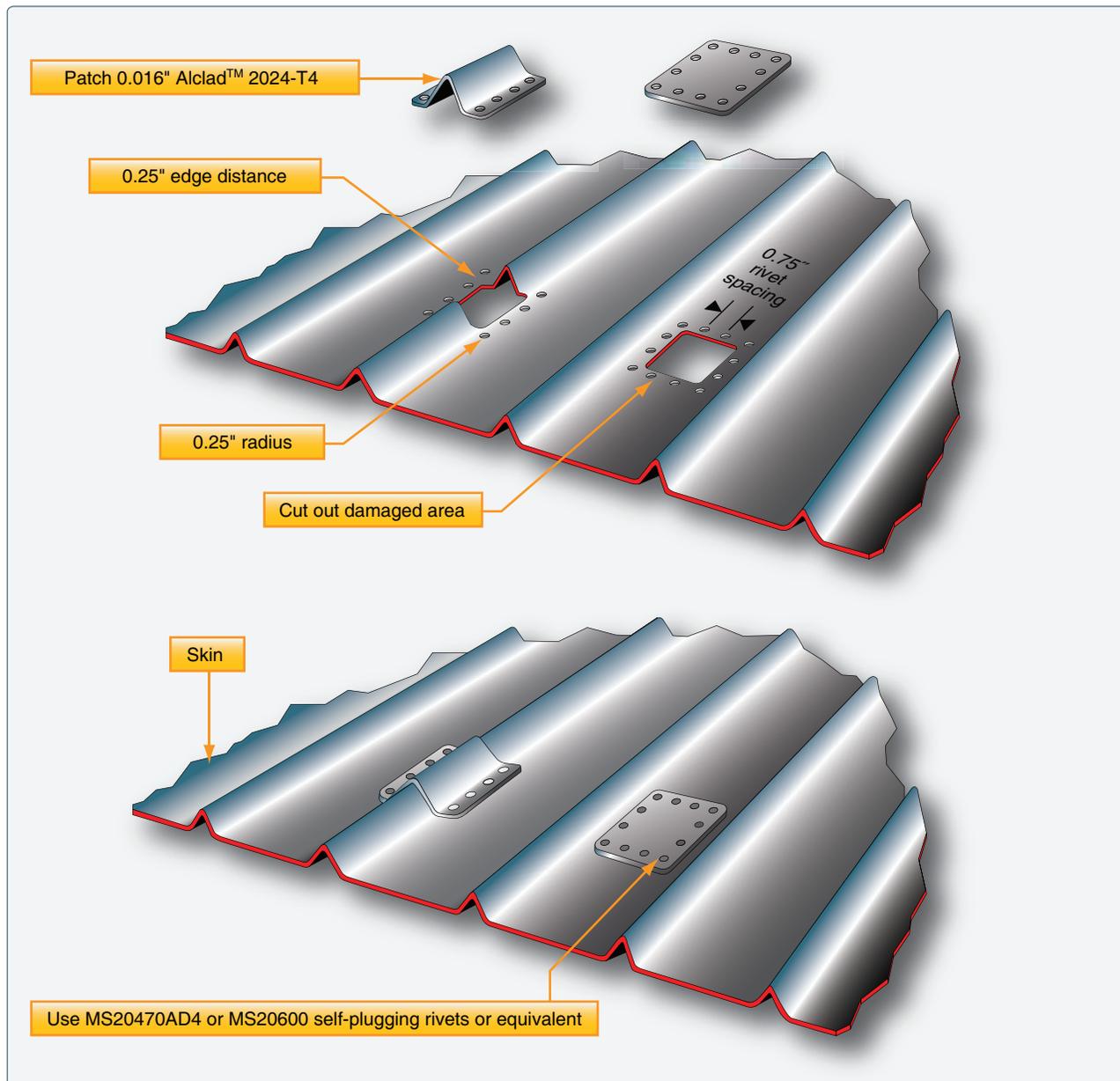
Os fatores que determinam os métodos a ser usados no reparo de um revestimento são acessibilidade a área danificada e as instruções encontradas no manual de manutenção da aeronave. O revestimento na maioria das áreas das aeronaves é inacessível para que

os reparos sejam feitos a partir do lado de dentro e é conhecido com revestimento fechado. O revestimento que é acessível de ambos os lados é chamado de revestimento aberto. Normalmente os reparos em revestimentos abertos podem ser feitos da maneira convencional usando-se rebites padrão, mas no reparo de revestimentos fechados devem ser usados alguns tipos de prendedores especiais. O tipo exato a ser usado depende do tipo de reparo que será feito e das recomendações do fabricante da aeronave.

Projeto de um Remendo Para Uma Área Não Pressurizada

Danos ao revestimento da aeronave em uma área não pressurizada podem ser reparados por um remendo FLUSH se a superfície do revestimento for lisa, ou por um remendo externo em áreas não críticas. [Figura 4-178] O primeiro passo é remover o dano. Corte





o dano em um formato circular, oval ou retangular. Arredonde todos os cantos de um remendo retangular em um raio mínimo de 0,5 polegada. A distância mínima da borda utilizada é duas vezes o diâmetro e o espaçamento dos rebites é tipicamente entre 4-6 vezes o diâmetro. O tamanho do duplicador depende da distância da borda e do espaçamento dos rebites. O material do duplicador é o mesmo material do revestimento danificado, mas a espessura é maior. A inserção é feita do mesmo material e espessura do revestimento danificado. O tipo de tamanho dos rebites deve ser o mesmo daqueles usados nas junções da aeronave. O SRM indica qual tamanho e tipo de rebite a ser usado.

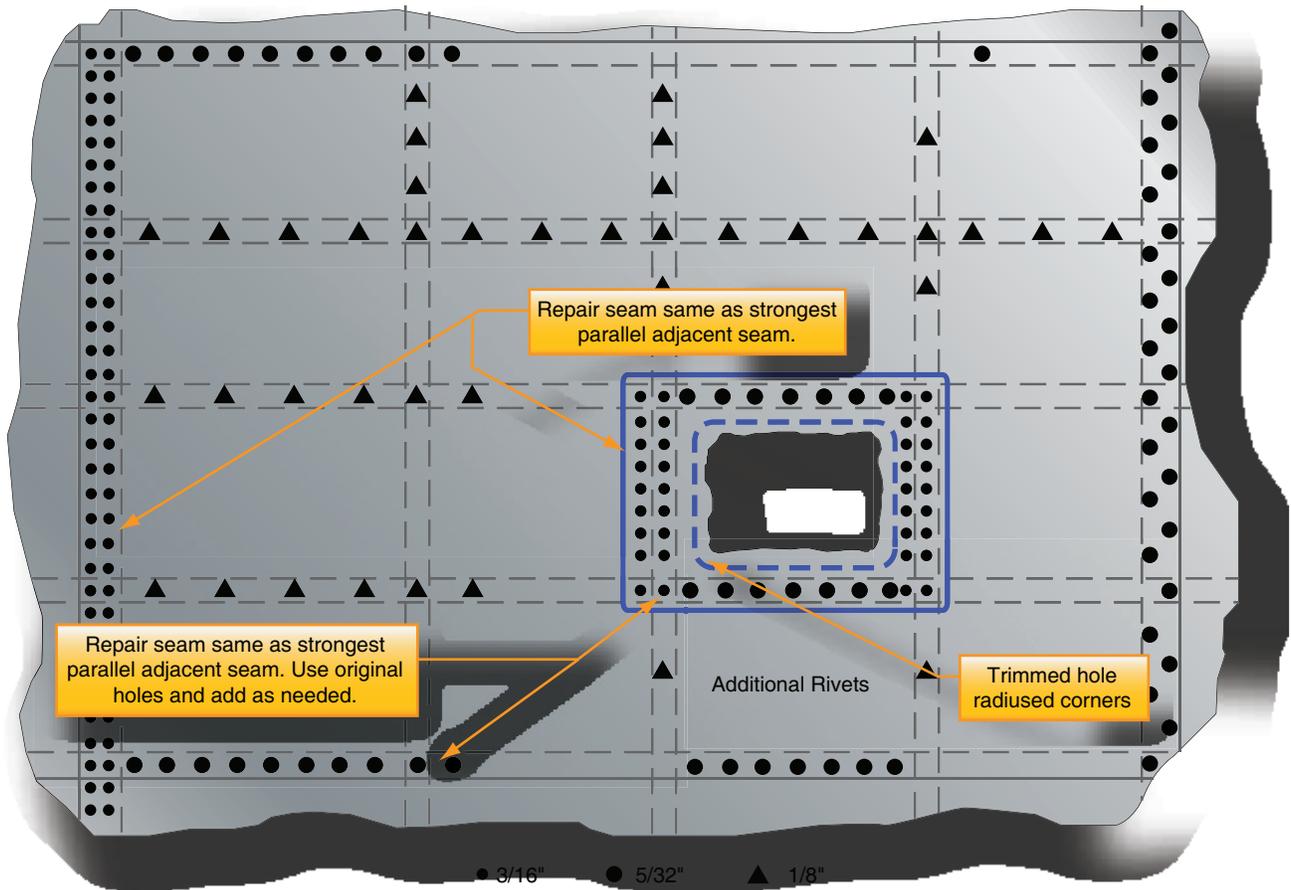
Reparos Típicos em Estruturas de Aeronaves

Esta seção descreve os reparos típicos das principais

partes estruturais de um avião. Quando se reparar um componente ou parte danificada consulte a seção adequada do SRM do fabricante da aeronave. Um reparo normalmente aparece ilustrado, e os tipos de material, rebites, espaçamento de rebites, métodos e procedimentos a ser utilizados estão listados. Qualquer conhecimento adicional necessário para que o reparo seja feito também é detalhado. Se a informação necessária não for encontrada no SRM tente encontrar um reparo similar ou conjunto instalado pelo fabricante da aeronave.

Flutuadores

Para se manter o flutuador em condições de aeronavegabilidade devem ser feitas inspeções frequentes e periódicas porque a corrosão ataca rapidamente as partes de metal, principalmente quando a aeronave



opera em água salgada. Inspeção os flutuadores e cascos procurando por danos causados pela corrosão, colisão com outros objetos, pousos forçados ou outras condições que podem levar a falhas.

NOTA: Rebites cegos não devem ser usados em flutuadores ou em cascos anfíbios abaixo da linha da água.

Flutuadores de chapa de metal devem ser reparados usando-se práticas aprovadas. Contudo, as bordas entre seções de chapas de metal devem ser impermeabilizadas com tecido e vedante adequados. Um flutuador que passou por reparos no casco deve ser testado enchendo-o com água e permitindo que está fique dentro dele por 24 horas para observar se algum vazamento aparece. [Figura 4-179]

Reparo do Revestimento Corrugado

Alguns dos controles de voo de alguns aviões pequenos de aviação geral tem BEADS nos seus revestimentos de painel. Os BEADS proporcionam algum enrijecimento ao fino revestimento dos painéis. Os BEADS para os remendos de reparo podem ser conformados com um ROTARY FORMER ou PRESS BRAKE. [Figura 4-180]

Substituição de Um Painel

O dano no metal de revestimento da uma aeronave que exceda os limites do que seria reparável exige substituição de todo painel. [Figura 4-181]. Um painel também precisa ser substituído quando existem muitos reparos anteriores em uma determinada área.

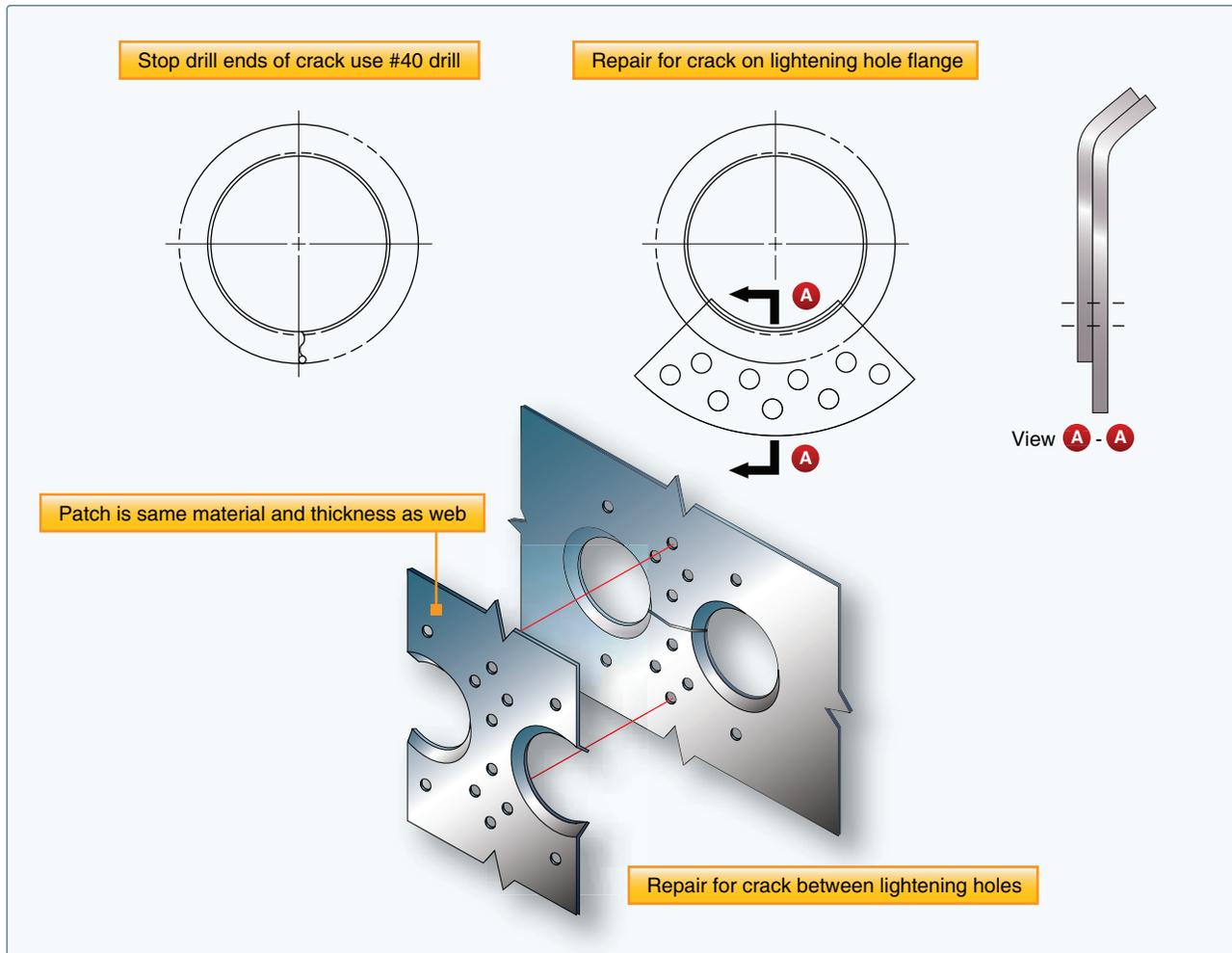
Na construção de aeronaves um painel é qualquer cobertura única de chapa de metal. Uma seção do painel é a parte do painel entre as longarinas e anteparos. Quando uma seção de revestimento estiver danificada em um ponto em que seja impossível instalar um reparo de revestimento padrão é necessário um tipo de reparo especial. O tipo especial de reparo necessário depende do dano ser reparável fora do membro, dentro do membro ou nas bordas do painel.

Fora do Membro

Para danos que, após aparados, têm 8 ½ rebites de diâmetro ou mais de material aumente o remendo para incluir a fileira de rebites do fabricante e adicione uma fileira extra dentro dos membros.

Dentro do Membro

Para danos que, após aparados têm menos que 8 ½



diâmetros de rebite do fabricante dentro dos membros use um remendo que se estenda além dos membros e uma fileira extra de rebites ao longo da parte externa dos membros.

Bordas do Painel

Para danos que se estendem na borda do painel use apenas uma fileira de rebites ao longo da borda do painel, a não ser que o fabricante use mais de uma fileira. O procedimento de reparo para as outras bordas do dano segue os métodos previamente explicados.

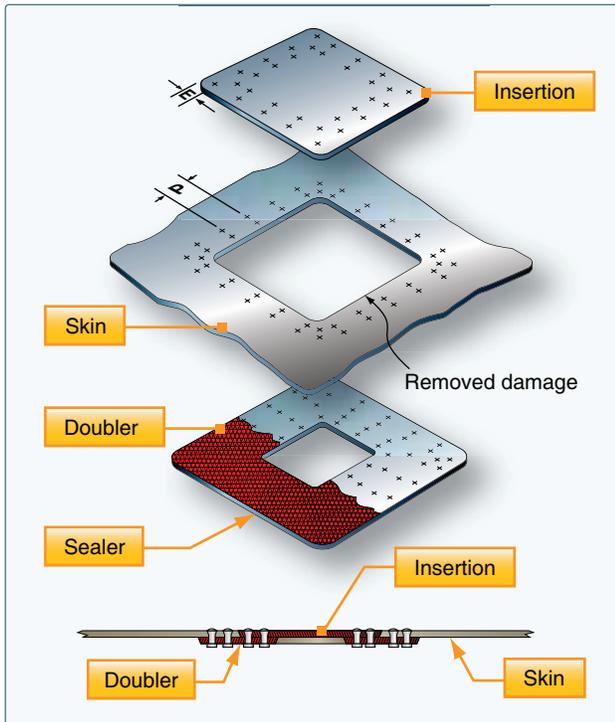
Os procedimentos para se fazer todos os três tipos de remendo de painel são parecidos. Apare a porção danificada nas tolerâncias mencionadas nos parágrafos anteriores. Para alívio de tensão nos cantos aparados arredonde-os em um raio mínimo de ½ polegada. Coloque a nova fileira de rebites com um passo transverso de aproximadamente cinco rebites de diâmetro e escale os rebites com aqueles colocados pelo fabricante. Corte a placa de remendo de material de mesma espessura do original ou da próxima espessura mais grossa, permitindo uma distância da borda de 2 ½

rebitos de diâmetro. Nos cantos STRIKE ARCS que tenham o raio igual a distância da borda.

Chanfre as bordas da placa de remendo por um ângulo de 45° e forme a placa para se encaixar no contorno da estrutura original. Vire as bordas levemente para baixo para que tenham um encaixe justo. Coloque a placa de remendo na posição correta, faça um furo de rebite e prenda temporariamente a placa no lugar com um prendedor. Usando um localizador de furos ache a posição do segundo furo, fure-o e insira o segundo prendedor. Então, da parte de trás e através dos furos originais localize e fure os furos restantes. Remova as rebarbas dos furos e aplique um protetor de corrosão nas superfícies de contato antes de rebitar o remendo no seu lugar.

Reparo de Furos de Alívio

Conforme discutido anteriormente os furos de alívio são cortados em RIB SECTIONS, estrutura de fuselagens e outras partes estruturais para reduzir o peso da peça. Os furos são flangeados para tornar a WEB



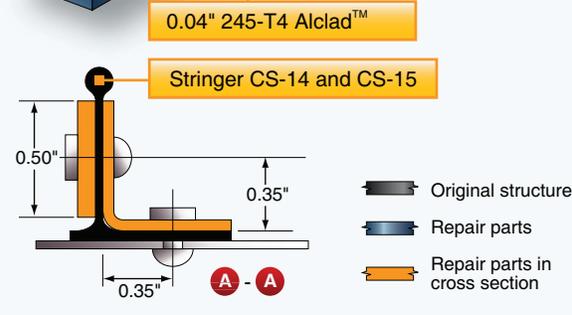
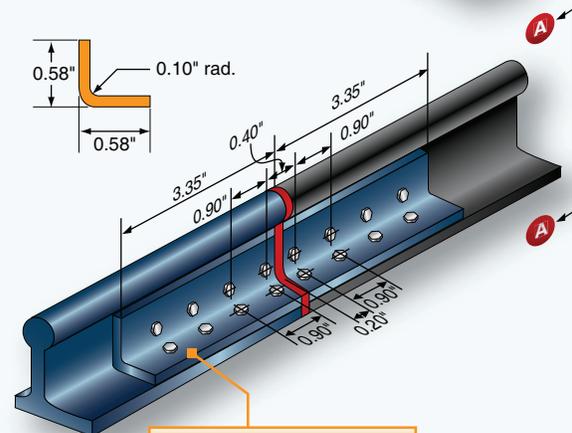
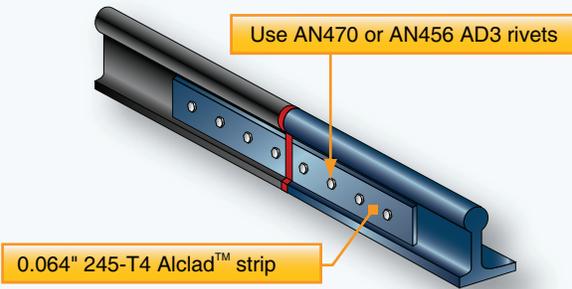
mais rígida. Podem aparecer rachaduras ao redor dos furos de alívio flangeados e estas rachaduras precisam ser reparadas com uma placa de reparo. A área danificada (rachadura) precisa ser perfurada para parar a rachadura ou o dano precisa ser removido. A placa de reparo é feita do mesmo material e espessura da parte danificada. Rebites são os mesmos da estrutura circundante e a distância mínima da borda é de 2 vezes o diâmetro e o espaçamento é entre 4 ou 6 vezes o diâmetro. A Figura 4-182 ilustra um reparo típico de furo de alívio.

Reparos em uma Área Pressurizada

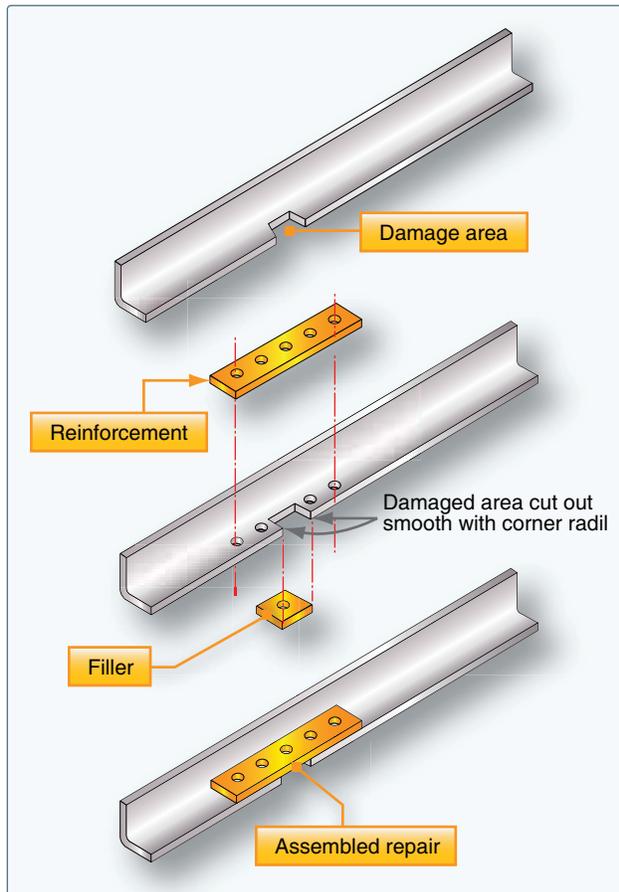
O revestimento de aeronaves pressurizadas durante o voo é altamente estressado. Os ciclos de pressurização aplicam cargas ao revestimento, e os reparos neste tipo de estrutura exigem mais rebites do que o reparo em revestimentos não pressurizados. [Figura 4-183]

1. Remova a seção danificada do revestimento.
2. O raio de todos os cantos deve ser de 0,5 polegada.
3. Fabrique um duplicador do mesmo tipo de material mas de uma espessura maior do revestimento. O tamanho do duplicador depende do número de fileiras, distância da borda e espaçamento de rebites.

If damage has been cut away from center section of stringer length, both ends of new portion must be attached as shown below.



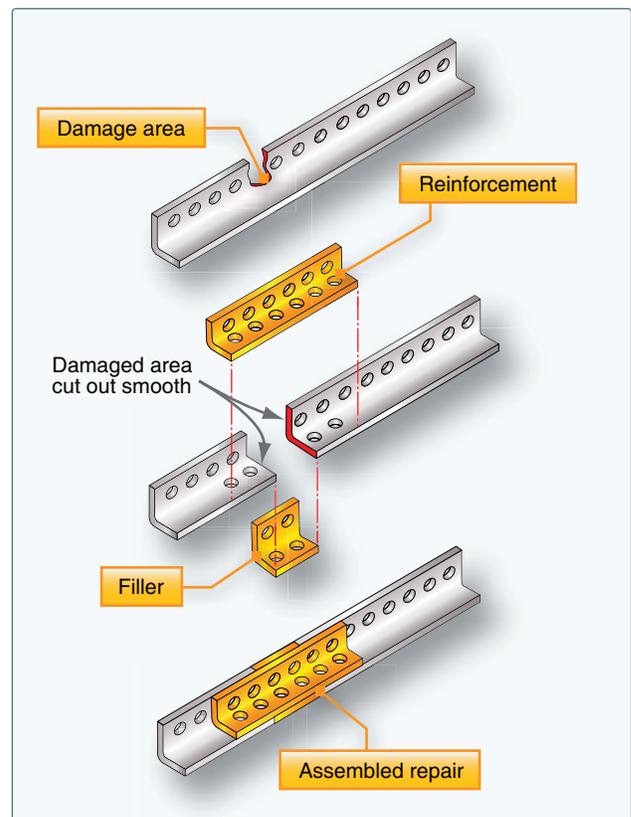
4. Fabrique uma inserção do mesmo material e mesma espessura do revestimento danificado. O folga da inserção é tipicamente de 0,015 polegada e 0,035 polegada.
5. Faça os furos através do duplicador, inserção e revestimento original.
6. Espalhe uma leve camada de selante no duplicador e prenda o duplicador ao revestimento com Clicos.
7. Use o mesmo tipo de prendedor da área circundante, e instale o duplicador ao revestimento e a inserção no duplicador. Mergulhe todos os prendedores em um selante antes da instalação.



Reparo da Longarina

As longarinas da fuselagem se estende do nariz da aeronave até a cauda, e as longarinas da asa se estendem da fuselagem até a ponta da asa. As longarinas das superfícies de controle normalmente se estendem no comprimento da superfície de controle. O revestimento da fuselagem, asa e superfície de controle é revestido nas longarinas.

As longarinas podem ser danificadas pela vibração, corrosão ou colisão. Como as longarinas são feitas em muitos formatos diferentes os procedimentos de reparo também são diferentes. O reparo pode exigir o uso de material de reparo pré-conformado e pré-extrudado, ou pode exigir material conformado pelo técnico em manutenção de aeronaves. Alguns reparos podem precisar dos dois tipos de materiais. Quando reparar uma longarina primeiro determine o tamanho do dano e remova os rebites da área adjacente. [Figura 4-184] Então remova o área danificada usando uma serra fita, furadeira ou lima. Na maioria dos casos o reparo de uma longarina exige o uso de uma inserção e uma emenda de ângulo. Quando localizar a emenda de ângulo na longarina, durante o reparo, certifique-se

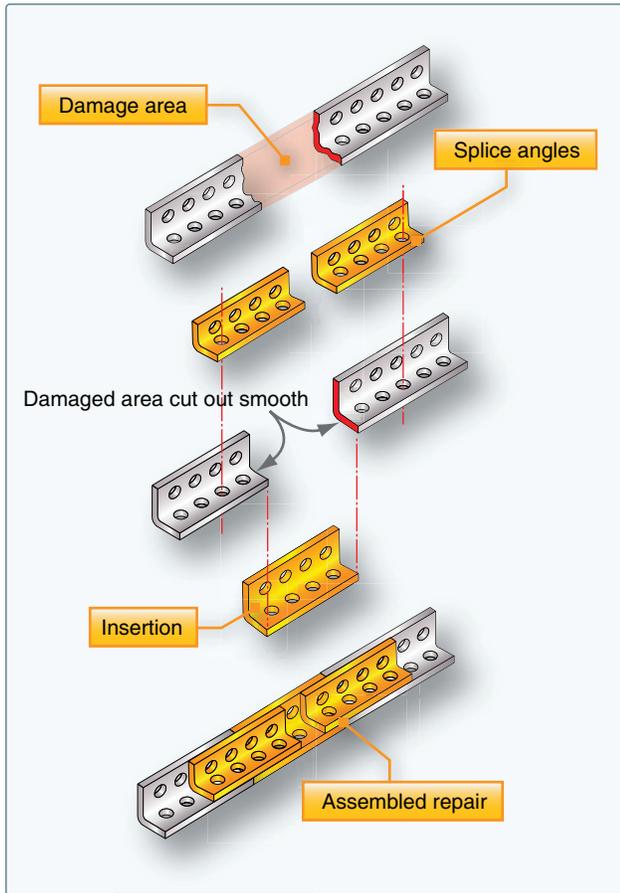


de consultar o manual de reparo estrutural aplicável com relação a posição da peça de reparo. Algumas longarinas são reparadas colocando-se a emenda de ângulo na parte interna, enquanto que outros são reparados colocando-os na parte interna.

Extrusões e materiais pré-conformados são comumente utilizados para reparos de ângulos e inserções ou enchimentos. No reparo ângulos e enchimentos devem ser conformados de uma chapa plana com o uso de um BRAKE. Pode ser necessário o uso de uma tolerância de dobra e linhas de vista quando fizer o projeto e dobras para estas partes conformadas. Para reparos em longarinas curvas faça as peças de reparo de forma que elas se encaixem no contorno original.

A Figura 4-185 mostra o reparo de uma longarina por remendo. Este reparo é permissível quando o dano não exceder dois terços da largura de uma perna e não for mais longa do que 12 polegadas. O dano maior do que estes limites pode ser reparado por um dos métodos a seguir.

A Figura 4-186 ilustra um reparo por inserção onde o dano excede dois terços de largura de uma perna após a remoção de uma parte da longarina. A Figura 4-187 mostra o reparo por inserção quando o dano



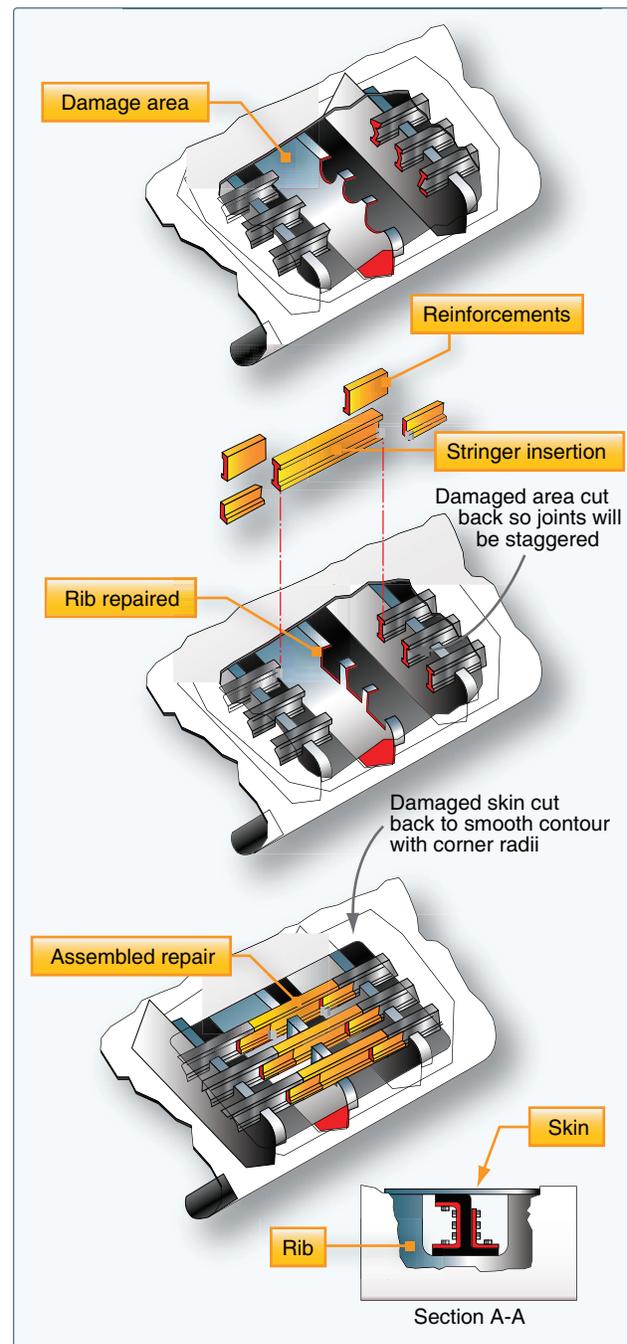
afeta apenas uma longarina e excede as 12 polegadas de comprimento.

Reparo de Anteparos ou FORMERS

Anteparos são membros de formato oval da fuselagem e dão forma e mantém o formato da estrutura. Anteparos ou FORMERS são frequentemente chamados de anéis de conformação, BODY FRAMES, anéis de circunferência, BELT FRAMES e outros nomes parecidos. Eles são projetados para carregar cargas de tensão concentradas.

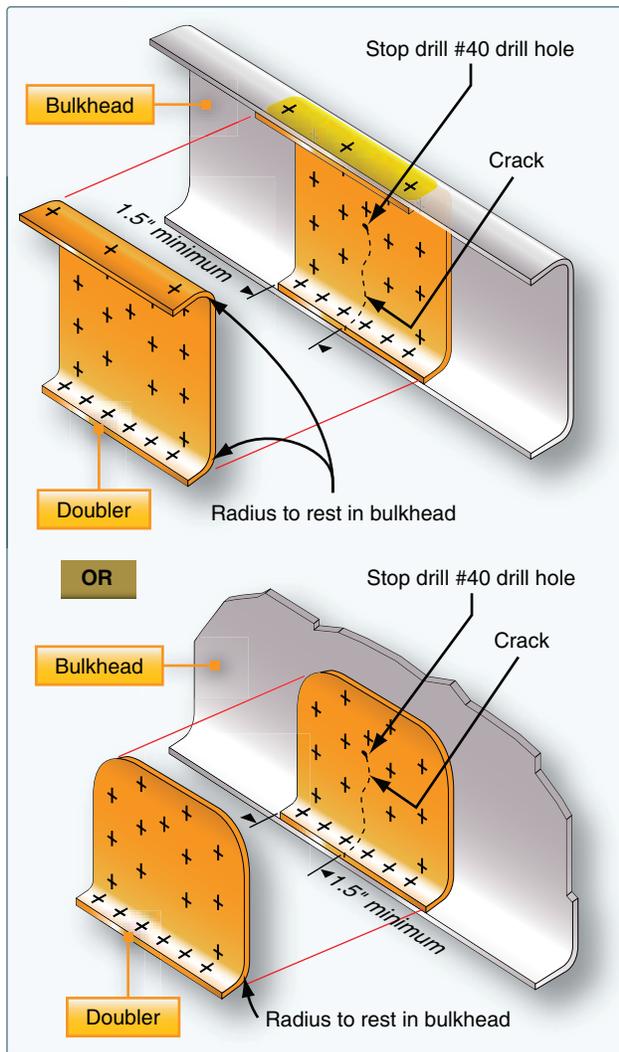
Existem vários tipos de anteparos. O tipo mais comum é um canal curvado conformado de chapas com endurecedores. Outros tem uma teia feita de chapa com ângulos extrudados rebitados no lugar como endurecedores e flanges. A maioria destes membros são feitas de liga de alumínio. Os FORMERS de aço resistente a corrosão são usados em áreas expostas a altas temperaturas.

Os danos em anteparos são classificados da mesma forma que outros danos. As especificações para cada tipo de dano são estabelecidas pelo fabricante e for-



mação específica é dada no manual de manutenção ou SRM da aeronave. Os anteparos são identificados com números de posição que são bastante úteis na localização da informação de reparo. A Figura 4-189 é um exemplo de reparo típico em um FORMER, seção de FRAME ou reparo de anteparo.

1. Faça um furo para parar a rachadura com uma broca 40.
2. Fabrique um duplicador do mesmo material mas um tamanho mais espesso do que a parte



que está sendo consertada. O duplicador deve ser de um tamanho grande o suficiente para acomodar furos de rebite de 1/8 polegada espaçados com uma polegada de distância, com distância de borda mínima de 0,30 polegada e 0,50 polegada de espaçamento entre as fileiras. [Figura 4-190]

3. Una um duplicador a peça com grampos e furos.
4. Instale os rebites.

A maioria dos reparos de anteparos é feita a partir de chapas planas, caso não existam peças de reposição disponíveis. Quando fabricar o reparo de uma chapa plana lembre-se que o material de substituição deve proporcionar resistência a tração na seção transversal, assim como resistência a compressão, cisalhamento e capacidade de carga do material original. Nunca substitua por material que for mais fino ou tenha uma seção

transversal menor do que o material original. Partes de reparo curvadas feitas de chapas planas devem estar na condição “0” antes da conformação, e então devem receber tratamento térmico antes da instalação.

Reparo de Longarina

Geralmente as longarinas são comparativamente membros pesados que tem aproximadamente a mesma função que os STRINGERS. Consequentemente o reparo de longarinas é similar ao reparo de STRINGERS. Como a longarina é um membro pesado é resistente do que um STRINGER precisa de rebites mais pesados no reparo. Algumas vezes parafusos são utilizados para instalar um reparo de longarina, mas devido a necessidade de maior acuracidade eles não são tão apropriados quanto os rebites. Os parafusos também precisam de mais tempo para instalação.

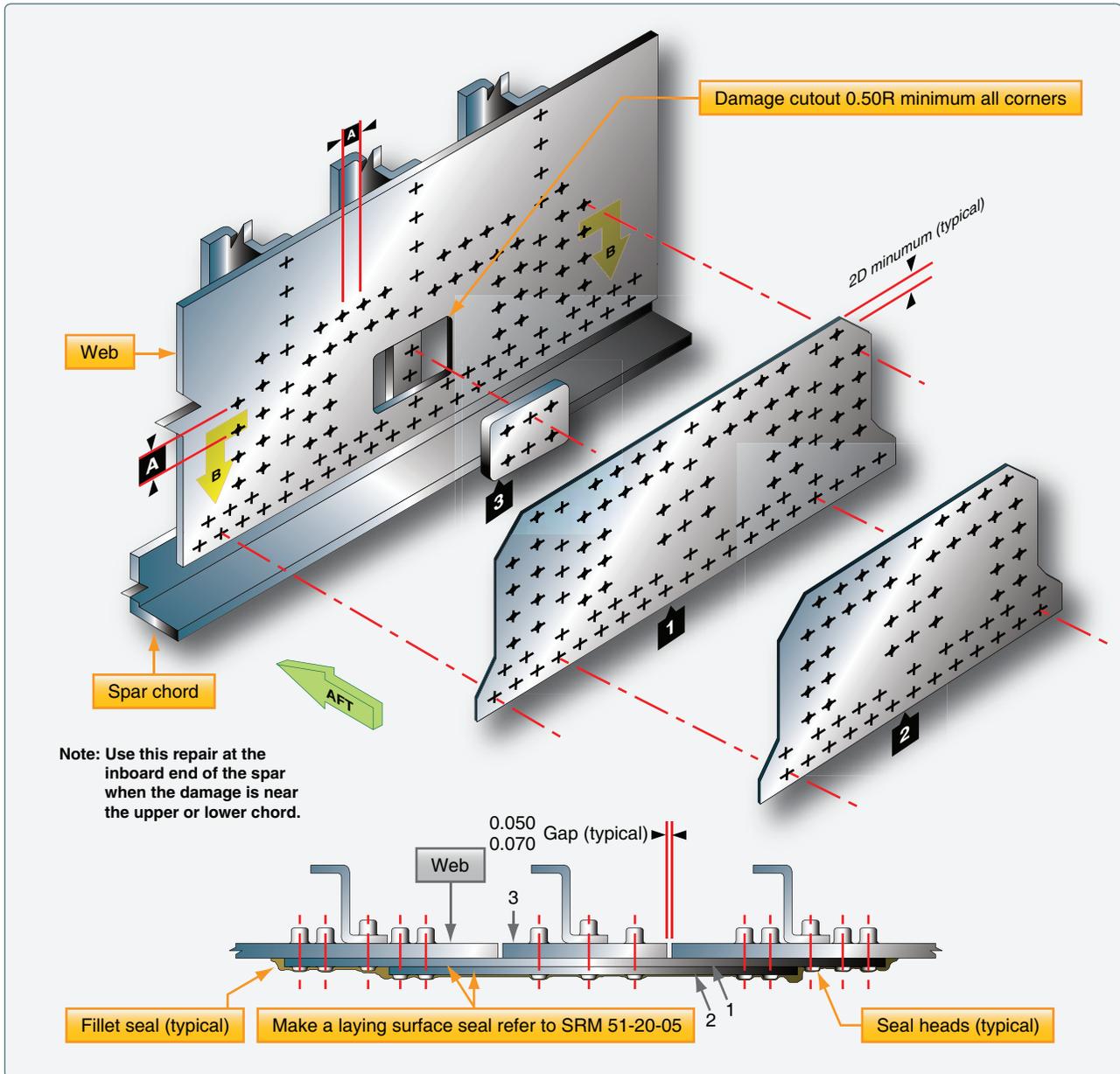
Se a longarina consiste de uma seção conformada e de uma seção de ângulo extrudado, considere cada posição separadamente. O reparo de uma longarina é similar ao reparo de um STRINGER, mas mantenha o passo do rebite entre 4 a 6 rebites de diâmetro. Se forem utilizados parafusos faça os furos para um ajuste leve. (LIGHT DRIVE FIT)

Reparo de SPAR (Longarina da Asa)

A SPAR (longarina da asa) é o principal membro de suporte da asa. Outros componentes também podem ter membros de suporte chamados SPARS e que sirvam para a mesma função. Pense nos SPARS como uma base da seção na qual estão localizadas, mesmo que não estejam no centro. O SPAR é normalmente o primeiro membro localizado durante a construção de uma seção, e os outros componentes são presos direta ou indiretamente a ele. Em função da carga que o SPAR carrega é muito importante que se tome muito cuidado quando este membro é reparado para assegurar a resistência original da estrutura não seja danificada. A SPAR é construída de forma que dois tipos gerais de classe de reparo sejam normalmente necessários, reparo WEB e reparo CAP STRIP.

As Figuras 4-190 e 4-191 são exemplos de reparos de SPAR típicos. O dano do SPAR WEB podem ser reparados com um duplicador redondo ou retangular. Danos menores do que uma polegada são reparados com um duplicador redondo e danos maiores reparados com duplicadores retangulares.

1. Remova o dano e os raios de todos os cantos com 0,5 polegada.



2. Fabrique o duplicador. Use mesmo material e mesma espessura. O tamanho do duplicador depende da distância de borda mínima (mínimo de 2D) e espaçamento de rebites (4-6D)
3. Fure o duplicador e o revestimento original e prenda o duplicador com Clecros.
4. Instale os rebites.

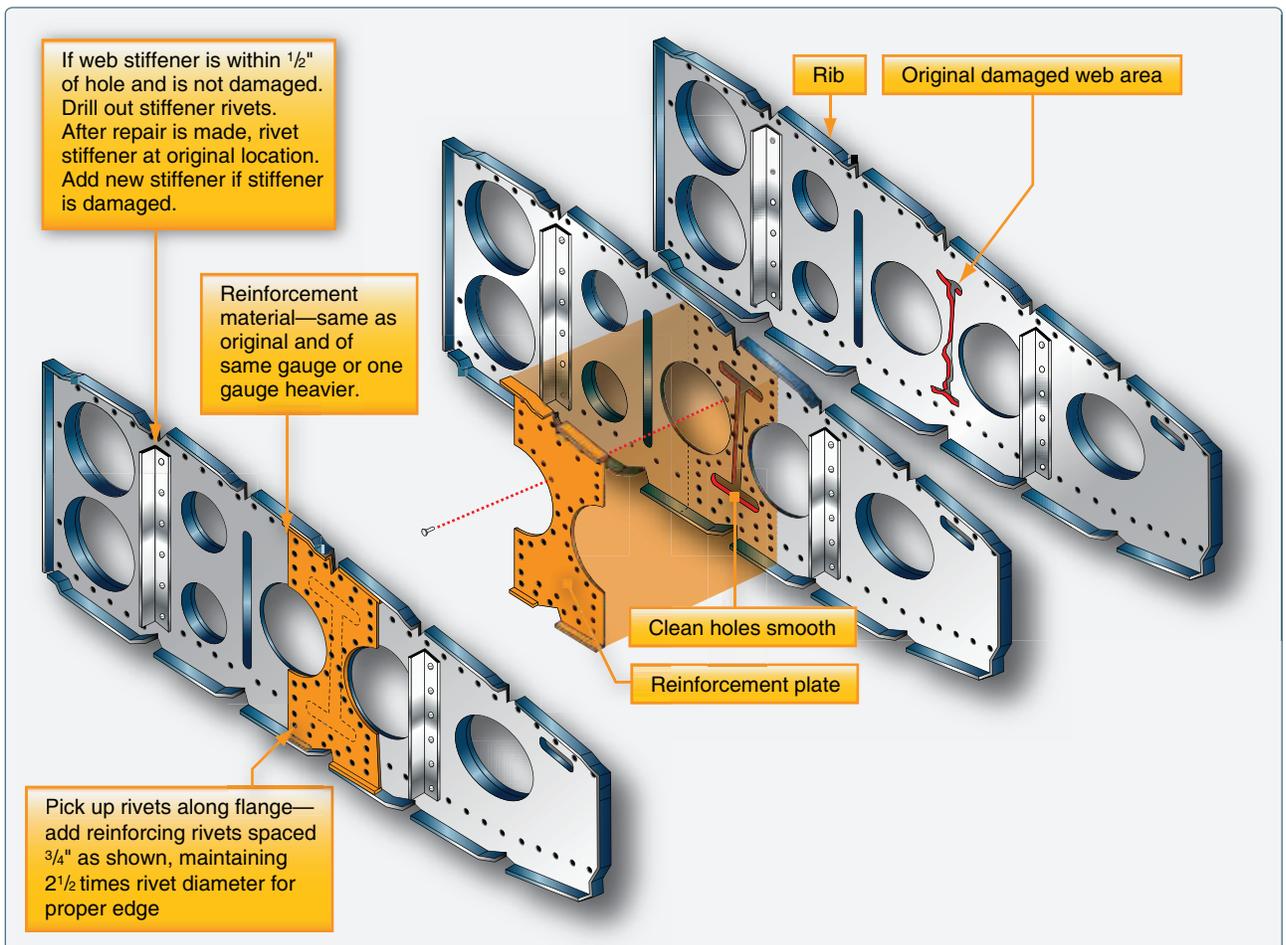
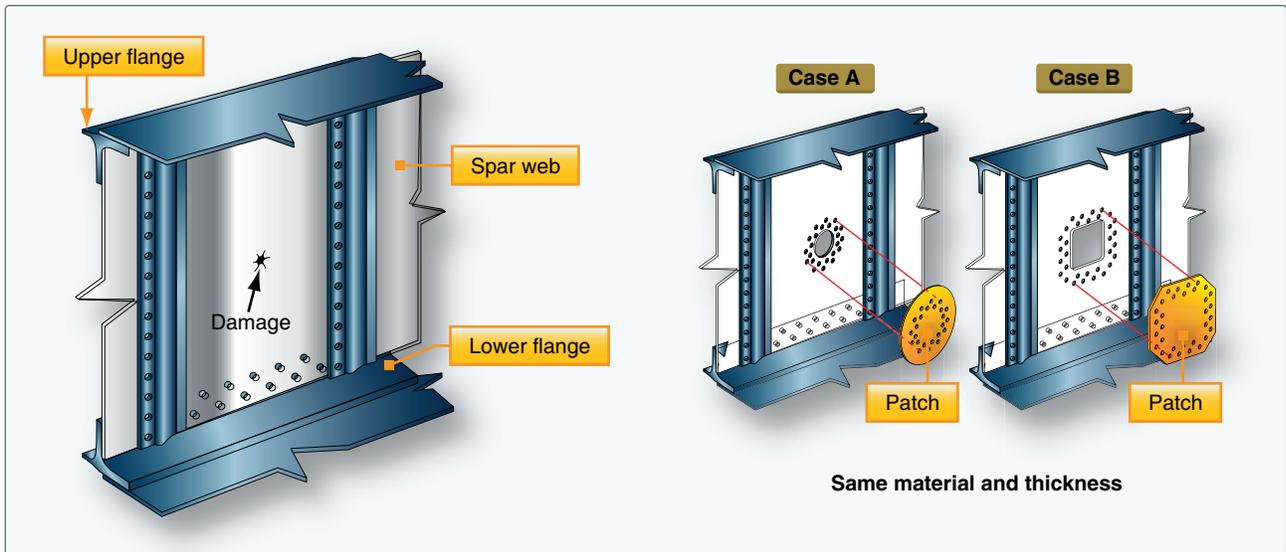
Reparo RIB e WEB

Reparos WEB podem ser classificados em dois tipos:

1. Aqueles feitos em seções WEB consideradas críticas, tais como aquelas nas nervuras das asas.

2. Aqueles considerados menos críticos, tais como aqueles em elevadores, lemes, FLAPS e similares.

Seções WEB devem ser reparadas de tal forma que a resistência original do membro seja restaurada. Na construção de um membro usando uma WEB o membro da WEB é normalmente de uma chapa de liga de alumínio de medida leve formando a profundidade principal do membro. O WEB é delimitado por extrusões de liga de alumínio pesadas conhecidas como CAP STRIPS. Estas extrusões carregam as cargas causadas pelas dobras e também proporcionem as bases para unir o revestimento. O WEB poderia ser endurecido ou BEADS estampadas, ângulos conformados, ou seções extrudadas rebitadas em intervalos



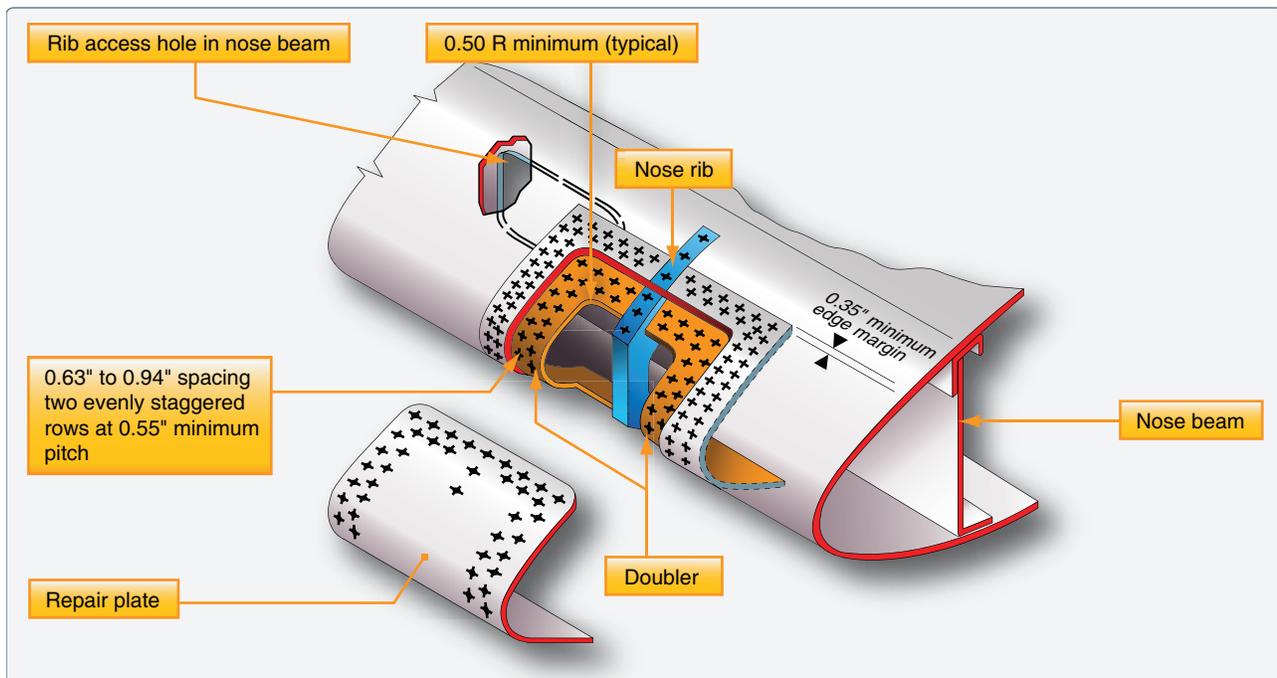
retangulares ao longo da WEB.

Os BEADS estampados são parte da WEB e são estampados quando a WEB é feita. Os endurecedores ajudam a suportar as cargas compressivas exercidas sobre os membros criticamente tensionados da WEB. Com frequência RIBS são conformadas pela estampagem de toda a peça da chapa. Ou seja, o RIB não tem CAP STRIP mas tem um flange ao redor de toda a peça, mais furos de redução de peso na WEB do RIB. RIBS podem ser conformados com BEADS estampados para endurecedores, ou podem ter ângulos extrudados rebitados na WEB por endurecedores.

A maioria dos danos envolve dois ou mais membros, mas apenas um membro pode estar danificado e precisar de reparo. Geralmente se a WEB estiver danificada limpe a área danificada e instale uma placa de remendo é o suficiente.

A placa de remendo deve ter tamanho suficiente para assegurar espaço para pelo menos duas fileiras de rebites ao redor do perímetro do dano que inclui distância de borda apropriada, passo, e passo transverso dos rebites. A placa de remendo deve ser de um material que tenha a mesma espessura e composição do membro original. Se qualquer conformação seja necessária quando se fizer a placa emenda, tal como ajustar o contorno de um furo de redução de peso, use material na condição "0" e então faça o tratamento térmico após a conformação.

Danos nos RIBS e WEBS que demandem reparos maiores do que uma placa simples, provavelmente precise de uma placa de remendo, placas de junção, ou ângulos em uma inserção. [Figura 4-192]



Reparo de Bordo de Ataque

O bordo de ataque é a seção frontal da asa, estabilizador ou outro aerofólio. O propósito do bordo de ataque é STREMLINE a seção anterior das asas ou superfícies de controle para assegurar um fluxo de ar eficiente. O espaço dentro do bordo de ataque é algumas vezes utilizado para armazenar combustível. Este espaço também pode ser usado para armazenar equipamento extra, tais como luzes de pouso, linhas de encanamento, ou sistemas térmicos anti-congelamento. A seção do bordo de ataque varia com o tipo de aeronave. Geralmente isto consiste em CAP STRIPS, NOSE RIBS, STRINGERS e revestimento. Os CAP STRIPS são as principais extrusões longitudinais e endurecem os bordos de ataque proporcionando a base para os NOSE RIBS e revestimento. Eles também prendem ao bordo de ataque ao FRONT SPAR.

Os NOSE RIBS são estampados de chapas de liga de alumínio ou de partes usinadas. Estes RIBS e formas U e podem ter suas seções WEB endurecidas. Não importando seu projeto, seu propósito é dar o contorno ao bordo de ataque. Os endurecedores são usados para endurecer o bordo de ataque e fornecer a base para prender o revestimento do NOSE. Quando prender o revestimento do NOSE use apenas rebites nivelados. Bordos de ataque construídos com sistemas térmicos anti-congelamento consistem em duas camadas de revestimento separadas por um fino espaço de ar. O revestimento externo, algumas vezes corrugado por questões de resistência, é perfurada para conduzir ar quente ao revestimento do NOSE para o anti-congelamento. Danos podem ser causados pelo contato com outros objetos, tais como pedrinhas, aves e granizo. Contudo, a principal causa de dano é descuido quando a aeronave está no chão.

Um bordo de ataque danificado normalmente envolver diversas partes da estrutura. FOD normalmente envolver o revestimento do NOSE, NOSE RIBS, STRINGERS, e possivelmente CAP STRING. Danos envolvendo todos estes membros necessitam a instalação de uma porta de acesso para que este reparo seja possível. Primeiro, a área danificada tem que ser removida e os procedimentos de reparo estabelecidos. O reparo precisa de inserções ou peças de emenda. Se o dano for sério o suficiente pode exigir reparo o CAP STRING e STRINGER, um NOSE RIB novo e revestimento do painel. Quando reparar o bordo de ataque siga os procedimentos descritos no manual de instruções apropriado para o tipo de reparo. [Figura 4-193]. Reparos nos bordos de ataque são mais di-

fíceis de realizar do que em estruturas retas e planas porque as partes do reparo precisam ser conformadas para se encaixar na estrutura existente.

Reparo do Bordo de Fuga

O bordo de fuga é a parte posterior de um aerofólio encontrado nas asas, aerofólios, lemes, elevadores e estabilizadores. É normalmente uma faixa de metal que dá o formato do bordo por unir as extremidades de uma seção RIB que une os revestimentos superior e inferior. Bordos de fuga são membros não estruturais mas são considerados como altamente tensionados.

Os danos ao bordo de fuga podem ser limitados a um ponto ou se estender por todo comprimento entre duas ou mais seções RIB. Além dos danos resultantes de colisões e descuido também são comuns os danos causados pela corrosão. Os bordos de fuga são bastante sujeitos a corrosão porque a umidade coletada fica presa neles.

Antes de começar os reparos inspecione totalmente a área danificada e determine a extensão dos danos, o tipo de reparo necessário e como esses devem ser feitos. Quando fizer reparos em bordos de fuga lembre que a área reparada deve ter o mesmo contorno e ser feita do mesmo material, com a mesma composição e tempera da seção original. O reparo também deve ser feito para manter as características de design do aerofólio. [Figura 4-194]

Reparos Especializados

Da Figura 4-195 até a 4-199 existem exemplos de reparos em vários membros estruturais. As dimensões específicas são estão incluídas porque as ilustrações apenas representam a filosofia do projeto básico de reparos gerais ao invés de serem usadas como orientações para reparos em estruturas reais. Lembre-se de consultar o SRM específico da aeronave para obter o máximo dano permissível que pode ser reparado e o método sugerido para a realização do reparo.

Aberturas de Inspeção

Se o manual de manutenção da aeronave permitir a instalação de uma porta de acesso nivelada, para fins de inspeção, algumas vezes o reparo de estruturas internas é facilitado, assim como o revestimento de algumas áreas. Esta instalação consiste de um duplicador e de uma chapa de cobertura tensionada. Uma fileira única de chapas de porca é rebitada no duplicador, e o duplicador é rebitado no revestimento com duas fileiras de rebites. [Figura 4-200] A placa de cobertura é então fixada no duplicador com parafusos.

