



CÉLULA
ENSINO A DISTÂNCIA

REPAROS ESTRUTURAIS



AeroTD



CNPJ	72.443.914/0001-38
Mantenedora	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
Instituição	AERO TD Escola de Aviação Civil
Esfera Administrativa	Privada
Endereço (Rua, Nº.)	Rua Marechal Guilherme nº 127.
Cidade UF CEP	Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-000
Telefones	0800 887 1555 (48) 3223 5191
Eixo Tecnológico:	Infraestrutura
Curso:	Profissionalizante em Manutenção de Aeronaves - Habilitação Célula
Carga Horária Total:	1200 horas

ES

Sumário

Módulo I	5 a 39
Módulo II	41 a 81
Módulo III	82 a 132
Módulo IV	134 a 180
Módulo V	182 a 206
Módulo VI	207 a 243



Fonte: www.engenbariae.com.br

MÓDULO I

REPAROS ESTRUTURAIS EM AERONAVES

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Proceder reparos estruturais em aeronaves requer a habilidade de um dedicado artesão, levando-se em conta, não apenas a estética do resultado, mas considerando que sempre se trata de uma questão de segurança do voo.

Vamos juntos estudar os procedimentos envolvidos em cada tipo de reparo.

Bons estudos!

Os métodos de reparo de partes estruturais de uma aeronave são numerosos e variados, e não há um conjunto de padrões específicos de reparo que se aplique em todos os casos. Uma vez que os valores de projeto das cargas que atuam nas várias partes estruturais de uma aeronave nem sempre estão disponíveis, o problema de reparar uma seção danificada

deve ser geralmente resolvido duplicando-se a resistência da parte original, quanto ao tipo de material e dimensões. Algumas regras gerais quanto à escolha do material e a modelagem de partes que podem ser aplicadas universalmente pelo mecânico de estruturas, serão abordadas neste capítulo.

Os reparos discutidos são típicos daqueles utilizados na manutenção de aeronaves, e foram incluídos para introduzir algumas das operações envolvidas. Para informações extras quanto a reparos específicos, devemos consultar os manuais de serviços ou de manutenção do fabricante.

1.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA REPARO DE CHAPAS DE METAL

O primeiro, e um dos mais importantes passos no reparo de danos estruturais, é a avaliação do serviço e fazer uma estimativa precisa do que tem que ser feito.

A avaliação inclui uma estimativa do melhor tipo e formato de reparo a ser usado. O tipo, tamanho e número de rebites necessários e a resistência, espessura e tipo de material requerido para que o membro reparado não fique mais pesado (ou apenas ligeiramente mais pesado), e tão forte quanto o original.

Inspeccionamos, também, os membros adjacentes quanto à corrosão evidente e danos por carga, de forma que a extensão requerida para o reparo do velho dano possa ser precisamente estimada. Após completar a limpeza da área, fazemos inicialmente um esboço de reparo em uma folha de papel, depois o transferimos para a chapa de metal selecionada. Cortamos e chanframos o reparo, modelando-o, de forma a encaixá-lo aos contornos da área onde será aplicado.

Mantendo a Resistência Original

Na realização de qualquer reparo, certas regras fundamentais são observadas, caso a resistência original da estrutura deva ser mantida.

A chapa do reparo deve ter uma seção transversal igual ou maior que a da seção original danificada. Caso o membro seja submetido a compressão ou flexão, posicionamos o reparo do lado externo do membro para assegurar a maior resistência a tais esforços. Caso o reparo não possa ser feito pelo lado externo do membro, utilizamos um material que seja mais forte que o original.

Para reduzir a possibilidade de rachaduras que se iniciam nas arestas dos cortes, tentamos fazer cortes circulares ou ovais. Onde for necessário fazer um corte retangular, fazemos com que o raio de curvatura de cada aresta não seja menor que 1/2 polegada. Substituímos membros dobrados ou empenados ou os reforçamos, aplicando um reparo sobre a área afetada.

Certificamo-nos de que o material usado em todas as substituições e reforços seja semelhante ao material usado na estrutura original. Se for necessário substituir por uma liga mais fraca que a original, utilizamos um material de maior espessura, de forma que a resistência da seção transversal seja equivalente. Mas nunca fazemos o oposto, ou seja, substituir o material original por um material mais resistente e de menor espessura. Esta inconsistência aparente prende-se ao fato de que um material pode ter maior resistência a tensão que outro, porém, ter menor resistência a compressão, ou vice-versa. Como exemplo, as propriedades mecânicas das ligas 2024-T80 são comparadas no próximo parágrafo.

Se uma liga 2024-T fosse substituída por uma liga 2024-T80, o material substituto deveria ser de maior espessura, a menos que a redução na resistência a compressão seja sabidamente aceitável. Por outro lado, se uma liga 2024-T80 fosse substituída por uma liga 2024T, o material substituto deveria ser de maior espessura, a menos que a redução na resistência a tensão fosse sabidamente aceitável. Similarmente, a resistência à torção e empenamento de muitas chapas metálicas e partes tubulares, depende antes da espessura que das resistências permissíveis quanto a compressão e cisalhamento.

Quando for necessário estampar o reparo, devemos ter muito cuidado quanto a ligas com tratamento térmico e ligas trabalhadas a frio, pois elas têm pouca resistência à flexão, rachando facilmente. Ligas macias, por outro lado, são facilmente estampadas, porém, não são suficientemente resistentes para fazer parte de estruturas primárias. Ligas fortes podem ser estampadas em suas formas recozidas e com tratamento térmico, para aumentar sua resistência antes de montadas.

Em alguns casos, se o metal recozido não estiver disponível, aquecemos o metal, deixamos resfriar rapidamente, de acordo com as práticas normais de tratamento térmico, e o modelamos antes de seu endurecimento completo. A modelagem deve estar completa no máximo meia hora após o resfriamento rápido, ou o metal ficará muito duro para modelar. O tamanho dos rebites para qualquer reparo pode ser determinado, verificando-se o tamanho dos rebites usados pelo fabricante na mais próxima fila de rebites, internamente, se for na asa, ou à frente, se for na fuselagem.

Outro método de determinar o tamanho dos rebites a serem usados, é multiplicar a espessura do revestimento por 3 e utilizar o tamanho de rebite logo acima do valor encontrado. Por exemplo, se a espessura do revestimento é de 0,040 polegada multiplicamos por 3, o resultado é 0,120, usaremos o rebite imediatamente maior, 1/8 da polegada (0.125 da polegada).

Todos os reparos realizados em partes estruturais de uma aeronave, necessitam de um número definido de rebites de cada um dos lados do reparo, para restaurar a resistência original. Esse número varia de acordo com a espessura do material a ser reparado, e com o tamanho do dano sofrido. O número de rebites pode ser determinado verificando-se um reparo semelhante realizado pelo fabricante, ou utilizando-se a seguinte fórmula:

Nº de rebites requeridos em cada lado do reparo

$$= \frac{C \times E \times 75.000}{S \text{ ou } A}$$

O número de rebites requeridos em cada um dos lados do reparo é igual ao comprimento do dano (C) vezes a espessura do material (E) vezes 75.000, dividir pela resistência ao cisalhamento (S) ou o apoio (A) do material sendo reparado, o menor dos dois valores.

O comprimento do dano é medido perpendicularmente em direção do estresse geral transmitido através da área danificada.

A espessura do material é a espessura real da parte sendo reparada, e é medida em milésimos de polegada.

Os 75.000 utilizados na fórmula, são um valor assumido de estresse de 60.000 p.s.i acrescido por um fator de segurança de 25%. Esse valor é uma constante.

A resistência a cisalhamento é retirada da tabela da figura 5-1.

Representa a quantidade de força requerida para degolar um rebite que está prendendo duas ou mais chapas de material. Se o rebite estiver segurando duas partes, ele está sob cisalhamento simples. Se ele estiver segurando três chapas ou partes, ele está sob cisalhamento duplo.

Para determinar a resistência a cisalhamento, deve-se conhecer o diâmetro do rebite. Isto é feito, multiplicando-se a espessura do material por 3.

Por exemplo: espessura do material igual a 0,040 polegada x 3 = 0,120 polegada. O rebite selecionado deve ser o de 1/8 da polegada ou 0,125 da polegada de diâmetro.

*RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO SIMPLES DOS REBITES DE LIGA DE ALUMÍNIO (em lbs)									
Material do Rebite (liga)	Máxima resistência do Rebite (lb/pol ²)	Diâmetro do Rebite (pol)							
		1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
2117 T	27,000	83	186	331	518	745	1,325	2,071	2,981
2017 T	30,000	92	206	368	573	828	1,472	2,300	3,313
2024 T	35,000	107	241	429	670	966	1,718	2,684	3,865

***A resistência ao cisalhamento duplo é encontrada multiplicando-se por dois os valores indicados na tabela.**

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-1 Tabela de resistência ao cisalhamento simples.

A resistência ao apoio é um valor extraído da tabela apresentada na figura 5-2, e representa a quantidade de tensão requerida para puxar um rebite através da borda de duas chapas rebitadas juntas, ou para alongar o furo. O diâmetro do rebite a ser usado, e a espessura do material a ser rebitado, devem ser conhecidos para se utilizar a tabela.

O diâmetro do rebite deve ser o mesmo que o utilizado na determinação da resistência ao cisalhamento. A espessura do material refere-se ao material a ser reparado.

ESPESSURA CHAPA (pol)	DIÂMETRO DO REBITE (Pol)							
	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16	3/8
0.014	71	107	143	179	215	287	358	430
.016	82	123	164	204	246	328	410	492
.018	92	138	184	230	276	369	461	553
.020	102	153	205	256	307	410	412	615
.025	128	192	256	320	284	512	640	768
.032	164	245	328	409	492	656	820	984
.036	184	276	369	461	553	738	922	1,107
.040	205	307	410	512	615	820	1,025	1,230
.045	230	345	461	576	691	922	1,153	1,383
.051	261	391	522	653	784	1,045	1,306	1,568
.64		492	656	820	984	1,312	1,640	1,968
.072		553	738	922	1,107	1,476	1,845	2,214
.081		622	830	1,037	1,245	1,660	2,075	2,490
.091		699	932	1,167	1,398	1,864	2,330	2,796
.102		784	1,046	1,307	1,569	2,092	2,615	3,138
.125		961	1,281	1,602	1,922	2,563	3,203	3,844
.156		1,198	1,598	1,997	2,397	3,196	3,995	4,794
.188		1,445	1,927	2,409	2,891	3,854	4,818	5,781
.250		1,921	2,562	3,202	3,843	5,125	6,405	7,686
.313		2,405	3,208	4,009	4,811	6,417	7,568	9,623
.375		2,882	3,843	4,803	5,765	7,688	9,068	11,529
.500		3,842	5,124	6,404	7,686	10,250	12,090	15,372

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-2 Tabela de resistência ao apoio (lbs).

Exemplo: Usando a fórmula, determine o número de rebites 2117-T necessários para reparar um dano com 2 - 1/4 polegada de comprimento, e espessura de 0,040 polegadas.

$$\text{N}^\circ \text{ de rebites por lado } \frac{C \times E \times 75.000}{S \text{ ou } A}$$

Dados:

C = 2 - 1/4 polegada ou 2,25 polegadas

E = 0,040 polegada

Tamanho do rebite: $0,040 \times 3 = 0,120$; o rebite deve ser de 1/8 polegada

S = 331 (retirado da tabela da figura 5-1)

A = 410 (retirado da tabela da figura 5-2)

Utilizar o valor de S, por se tratar do menor dos dois. Substituindo na fórmula:

$$(2,25 \times 0,040 \times 75.000) : 331 = 6.750 : 331 = 20,39 \text{ ou } 21 \text{ rebites em cada lado.}$$

Uma vez que qualquer decimal deve ser considerado como um inteiro, o número preciso de rebites requeridos deve ser de 21 por lado, ou 42 rebites em todo o reparo.

Mantendo o Contorno Original

É importante modelar todos os reparos de forma que eles se encaixem perfeitamente no contorno original.

Um contorno suave é especialmente desejável na confecção de reparos para o revestimento de aeronaves de alta velocidade

Mantendo o Peso Mínimo

Mantemos o peso de todos os reparos o menor possível, e fazemos os reparos pequenos, e sem usar mais rebites do que os necessários.

Em muitos casos, os reparos modificam o balanceamento original da estrutura. A adição de peso excessivo em cada reparo pode desbalancear a aeronave, de forma a requerer ajustes nos compensadores.

Em áreas como o cone da hélice, um reparo vai requerer a aplicação de chumbo de equilíbrio para que o balanceamento do conjunto da hélice continue perfeito.

1.2 REPAROS GERAIS DE ESTRUTURAS

Os membros estruturais das aeronaves são projetados para realizar uma determinada função, ou servir a um determinado propósito.

O principal objetivo do reparo de aeronave é restaurar as partes danificadas à sua condição original. Muito frequentemente, a substituição de um membro é a única alternativa eficaz. Quando é possível reparar uma peça danificada, primeiramente a estudamos cuidadosamente, de forma que seu propósito ou função sejam completamente entendidos. A resistência pode ser o principal requisito no reparo de certas estruturas, enquanto outros podem requerer qualidades completamente diferentes.

Por exemplo, os tanques de combustível devem ser protegidos contra vazamentos, porém, carenagens e partes semelhantes devem possuir propriedades, tais como: uma boa aparência e um formato aerodinâmico, e tudo deve ser facilmente acessível.

A função de qualquer parte danificada deve ser cuidadosamente determinada, de forma que o reparo atenda aos requisitos.

1.3 INSPEÇÃO DOS DANOS

Durante a inspeção visual dos danos, devemos lembrar que podem haver outros tipos de danos, além dos causados pelo impacto de objetos estranhos ou colisões.

Um pouso duro pode sobrecarregar o trem de pouso, empenando-o. Isto seria classificado como dano por carga.

Durante a inspeção e a avaliação do reparo, observamos até onde os danos causados pelo empenamento do trem de pouso podem ter se estendido aos membros de suporte estrutural. Um choque ocorrido em uma extremidade de um membro, será transmitido através de toda sua extensão. Sendo assim, inspecionamos cuidadosamente todos os rebites, parafusos e estruturas de fixação ao longo de todo o membro, quanto a evidências de danos. Fazemos um exame acurado, quanto a rebites parcialmente danificados, ou quanto a furos que tenham sido alargados.

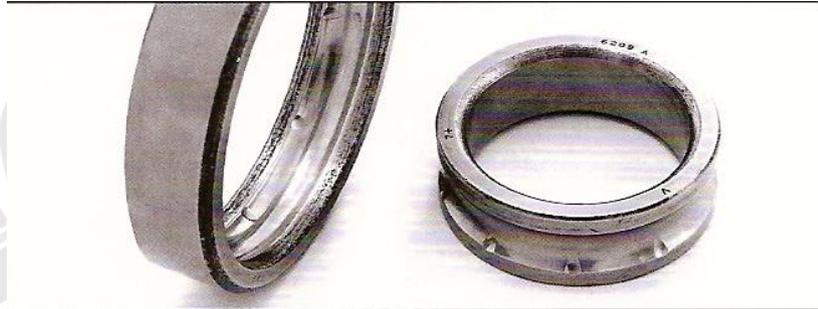
Outro tipo de dano a ser procurado, é aquele causado por corrosão.

Os danos por corrosão em alumínio são geralmente detectados pelos depósitos de cristais brancos que se formam ao redor de rebites soltos, arranhões ou qualquer parte da estrutura que possa ser um ponto natural de condensação da umidade.

Definições dos Defeitos

Os diversos tipos de danos e defeitos que podem ser observados, são definidos a seguir:

Brinelamento (brinelling) - Ocorrência de uma depressão esférica, rasa, na superfície de um metal, geralmente produzida por uma peça pontuda em contato com a superfície sob alta pressão.



Fonte: www.yesachei.net

Brunidura (burnishing) - Polimento de uma superfície através do atrito com outra lisa e mais dura. Geralmente não há deslocamento ou remoção de metal.

Rebarba (burr) - Uma seção pequena e fina do metal, que se estende além da superfície regular, geralmente em cantos ou nas bordas de um furo.

Corrosão - Perda de metal da superfície por ação química ou eletroquímica. Os produtos da corrosão são, na maioria das vezes, facilmente removidos através de meios mecânicos. A ferrugem é um exemplo de corrosão.



Fonte: panemorta.blogspot.com

Rachadura - Uma separação física de duas porções metálicas adjacentes, evidenciada por uma linha fina através da superfície, causada por estresse excessivo naquele ponto. Ela pode estender-se a partir da superfície para o interior até milésimos de polegada, ou atingir toda a espessura do metal.

Corte - Perda de metal, geralmente até uma profundidade apreciável sobre uma área relativamente longa e estreita, através de meios mecânicos, como ocorreria com o uso de uma serra, um cinzel ou uma pedra com aresta cortante que atingisse de um golpe o metal.

Amolgamento (dent) - Amassamento em uma superfície metálica, produzido pela pancada forte de um objeto. A superfície ao redor do amolgamento ficará ligeiramente elevada.

Erosão - Perda de metal da superfície através da ação mecânica de objetos externos, como pedrinhas ou areia.

A área da erosão tem aspecto áspero e pode estar alinhada com a direção em que o objeto externo moveu-se em relação à superfície.

Trepidação - Falha ou deterioração da superfície metálica, através da ação da vibração ou trepidação.

Geralmente não há perda de metal ou rachamento da superfície.

Roçamento - Falha (ou acúmulo) em superfícies metálicas, devido à fricção excessiva entre duas peças que possuam movimento relativo. Partículas do metal mais macio soltam-se e aderem ao metal mais duro.

Goiva(gouge) - Sulcos, ou falha de uma superfície metálica devido ao contato com material externo sob alta pressão. Geralmente indica perda de metal, mas pode ser deslocamento de material.

Inclusão - Presença de materiais estranhos totalmente inseridos em uma porção do metal. Esses materiais são introduzidos durante a fabricação de hastes, barras ou tubos, através de rolamento ou forja.

Entalhe (nick) - Quebra local ou dente na borda. Geralmente deslocamento de metal, ao invés de perda de material.

Picadas (pitting) - Falha aguda localizada (cavidade pequena e profunda) na superfície do metal, geralmente com bordas definidas.

Arranhão - Risco ou quebra leve na superfície do metal, devido a um contato momentâneo e suave de um material estranho.

Entalhe - Risco ou quebra mais profunda (que o arranhão) na superfície do metal, devido a um contato sob pressão. Pode apresentar descoloração devido à temperatura produzida pela fricção.

Mancha - Uma mudança localizada de cor, causando uma mudança de aparência com relação às áreas adjacentes.

Recalque - Deslocamento do material além do contorno normal ou superfície (uma moosa ou saliência local).

1.4 CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS

Os danos podem ser agrupados em quatro classes gerais. Em muitos casos, o tempo, a disponibilidade ou a ausência dos materiais de reparo, são os fatores mais importantes em determinar se uma parte deve ser reparada ou substituída.

Danos Desprezíveis

Danos que não afetam a integridade estrutural do membro envolvido, ou que podem ser corrigidos através de um procedimento simples sem criar restrições ao voo da aeronave, são classificados como danos desprezíveis.

Pequenas mossas, arranhões, rachaduras ou furos que possam ser reparados através de abrandamento, lixamento, furo de alívio ou um martelo, ou através de qualquer outro meio sem o uso de materiais adicionais, enquadram-se nesta classificação.

Danos Reparáveis por Remendo

Qualquer dano que exceda os limites desprezíveis, e possa ser reparado cobrindo-se a área danificada em um componente com um material de reparo.

O reparo ou remendo em reparos internamente rebitados ou aparafusados, é normalmente feito do mesmo material da área danificada, porém numa medida mais espessa.

Num reparo por remendo, placas de enchimento da mesma espessura do material danificado podem ser usadas com a finalidade de apoio, ou para recompor o contorno original da parte danificada.

Danos Reparáveis por Inserção

Danos que possam ser reparados através do corte de toda área danificada, e sua substituição por uma seção semelhante, presa no lugar através de reparos nas extremidades, são classificados nesta classe.

Danos que Necessitam da Substituição de Partes

Devemos levar em consideração a substituição de toda uma parte, quando existe uma ou mais das seguintes condições:

- 1) Quando uma parte complexa foi extensivamente danificada.
- 2) Quando as estruturas adjacentes ou a inacessibilidade tornarem impraticável a reparação.
- 3) Quando a parte danificada for facilmente substituível.
- 4) Quando encaixes forjados ou fundidos forem danificados além dos limites aceitáveis.

1.5 ESTRESSES EM MEMBROS ESTRUTURAIS

As forças que atuam em uma aeronave, seja em voo ou no solo, causam tração, impulsão ou torção, nos vários membros estruturais de uma aeronave.

Enquanto a aeronave está no solo, o peso das asas, fuselagem, motores e empenagem causam forças descendentes que atuam sobre as asas e as pontas do estabilizador, ao longo das longarinas e das vigas de reforço, e sobre as paredes e falsas nervuras. Essas forças são transmitidas membro a membro, causando flexão, torção, tração, compressão e cisalhamento.

À medida que a aeronave decola, a maioria das forças na fuselagem continua a agir na mesma direção, mas devido ao movimento da aeronave, elas aumentam em intensidade.

As forças sobre a ponta da asa e superfícies alares, mudam de direção, e ao invés de serem forças descendentes de peso, tornam-se forças ascendentes de sustentação. As forças de sustentação são exercidas primeiramente contra o revestimento e vigas de reforço, depois são transmitidas às nervuras, e finalmente transmitidas através das longarinas, e distribuídas pela fuselagem.

As asas flexionam para cima, em suas pontas, e podem até oscilar ligeiramente em voo. Essa flexão da asa não pode ser ignorada pelo fabricante, no projeto original e na construção, e não pode ser ignorado na manutenção. É surpreendente como a estrutura de uma aeronave composta de membros estruturais e revestimentos rigidamente rebitados ou aparafusados juntos, tal como uma asa, pode flexionar ou agir tão semelhante a uma lâmina de mola.

Os cinco tipos de estresse (figura 5-3) em uma aeronave, são denominados como: tensão, compressão, cisalhamento, flexão e torção. Os três primeiros são comumente

chamados de estresses básicos, e os dois últimos, de estresses de combinação. Os estresses normalmente agem em combinação, ao invés de sozinhos.

Tensão

É a força por unidade de área que tende a esticar um membro estrutural. A resistência de um membro à tensão é determinada com base em sua área total, porém, os cálculos de tensão devem levar em consideração a área final ou líquida do membro.

A área líquida é definida como a área bruta ou total, menos a área removida por furações, ou outras modificações da seção.

A colocação de rebites ou parafusos nos furos, não provoca diferença apreciável de aumento de resistência. Os rebites ou parafusos não transferem as cargas tensionais, através dos furos em que estão inseridos.

Compressão

É a força por unidade de área, que tende a encurtar ou comprimir um membro estrutural com qualquer seção transversal.

Sob uma carga compressiva, um membro não perfurado será mais resistente que um membro idêntico perfurado.

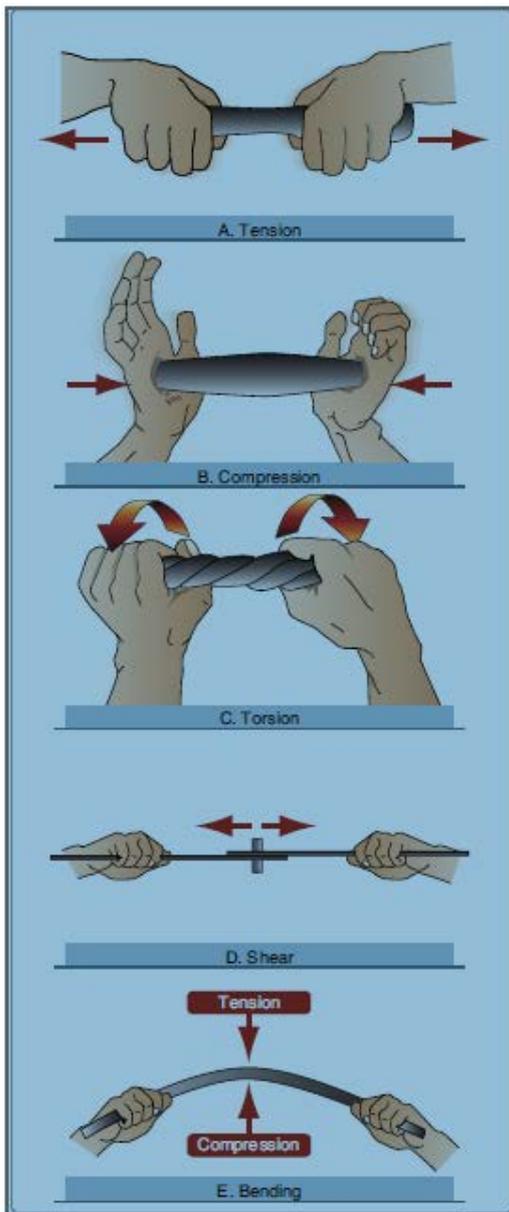
Contudo, se nesses furos forem encaixados pinos de material de resistência equivalente ou maior que o original, eles transferirão as cargas compressivas através dos furos, e o membro suportará uma carga quase tão grande como se não fosse furado.

Portanto, quanto às cargas compressivas, a área bruta ou total pode ser usada na determinação do estresse em um membro, se todos os furos estiverem adequadamente fechados com material equivalente ou mais forte.

Cisalhamento

É a força por unidade de área que faz com que partículas adjacentes de material deslizem sobre si.

O termo "cisalhamento" é usado por ser um estresse lateral, do tipo que é aplicado em uma folha de papel ou metal, quando é cortada por uma tesoura.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-3 Cinco estresses que atuam em uma aeronave.

O principal problema da manutenção com relação ao estresse de cisalhamento, diz respeito à aplicação de rebites e parafusos, especialmente em fixação de chapas, porque se um rebite usado em uma aplicação contra cisalhamento falhar, as partes rebitadas ou aparafusadas afastar-se-ão.

Flexão

É a combinação de duas forças que agem sobre um membro estrutural, em um ou mais pontos. A figura 5-3, mostra que o estresse de flexão causa um de tensão na parte

superior da viga, e outro de compressão na parte inferior. Esses estresses agem opostamente sobre os dois lados da linha central do membro, que é chamada eixo neutro. Uma vez que essas forças agem em direções opostas sobre o eixo neutro, o maior estresse de cisalhamento ocorre ao longo desse eixo e, não há nenhum, tanto no lado superior como no lado inferior da viga.

Torção

É a força que tende a torcer um membro estrutural. Os estresses gerados com essa ação são estresses de cisalhamento, causados pela rotação dos planos adjacentes uns sobre os outros ao redor de um eixo de referência comum perpendicularmente.

Essa ação pode ser ilustrada por uma vareta solidamente fixada em uma extremidade, e torcida por um peso localizado em um braço de alavanca na outra extremidade, produzindo o equivalente a duas forças iguais e opostas atuando sobre a vareta, em alguma distância, uma da outra. Uma ação cisalhante ocorre ao longo da vareta, com a linha central da vareta representando o eixo neutro.

1.6 FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS ESPECIAIS PARA CHAPAS METÁLICAS

O mecânico de célula e estruturas, realiza grande parte do seu trabalho com ferramentas e dispositivos especiais, que foram desenvolvidos para acelerar, simplificar e melhorar o seu serviço. Essas ferramentas e dispositivos especiais, incluem placas de apoio e bigornas, e vários tipos de blocos e sacos de areia usados como suporte no processo de desamassamento.

Placas de Apoio e Bigornas

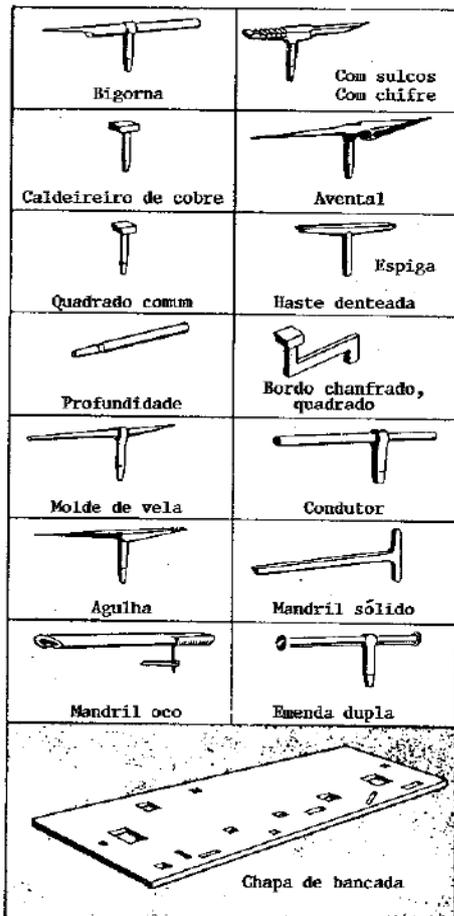
A chapa de metal é geralmente moldada ou acabada através de bigornas de diversos formatos. As bigornas são usadas para modelar partes pequenas, para as quais as grandes máquinas não seriam adequadas. As placas de apoio são usadas manualmente, enquanto as bigornas são apoiadas em chapas de ferro fundido presas a uma bancada. (Figura 5-4).

A maioria das bigornas possuem superfícies retificadas e polidas que sofreram um processo de endurecimento. Não usamos bigornas para apoiar o material durante o

cisalhamento, ou durante o uso de ferramentas semelhantes de corte, pois isto danifica a superfície da bigorna e a inutiliza para serviços de acabamento.

Blocos em "V"

Os blocos em "V" feitos de madeira dura são largamente usados em reparos de estruturas metálicas, para contrair ou esticar o metal, particularmente ângulos e flanges.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-4 Chapa de bancada e bigornas.

O tamanho do bloco depende do serviço a ser executado e da preferência pessoal. Apesar de qualquer tipo de madeira dura servir, é recomendado o uso do bordo e do freixo para obtermos melhores resultados quando trabalham com ligas de alumínio.

Modelo de Madeira Dura

Pode-se construir moldes de madeira para duplicar praticamente qualquer parte estrutural ou não. O bloco de madeira, ou molde, é feito com dimensões e contornos exatamente iguais aos da parte a ser modelada.

Bloco de Contração

Um bloco de contração consiste de dois blocos de metal e um dispositivo para prender os dois juntos. Um dos blocos forma a base, e o outro é recortado para dar espaço, a fim de que o material enrugado possa ser martelado. As pernas do mordente superior prendem o material ao bloco base pelos dois lados do enrugamento, de forma que o material não escape, e fique parado enquanto é martelado. Este tipo de bloco deve ser usado em uma morsa de bancada.

Os blocos de contração podem ser produzidos para qualquer tipo de aplicação. A forma e o princípio básico permanecem idênticos, mesmo que os blocos possam variar consideravelmente em tamanho e forma.

Sacos de Areia

Um saco de areia é geralmente usado como suporte durante o martelamento da peça. Esse saco pode ser feito costurando-se uma lona grossa ou couro macio, de forma a fazer uma almofada no tamanho desejado, e enchendo-a com areia peneirada.

Antes de encher o saco de lona com a areia, usamos um pincel para revestir seu interior com parafina ou cera de abelha, formando uma camada selante evitando a saída da areia pelos poros da lona.

Dispositivos de Suporte

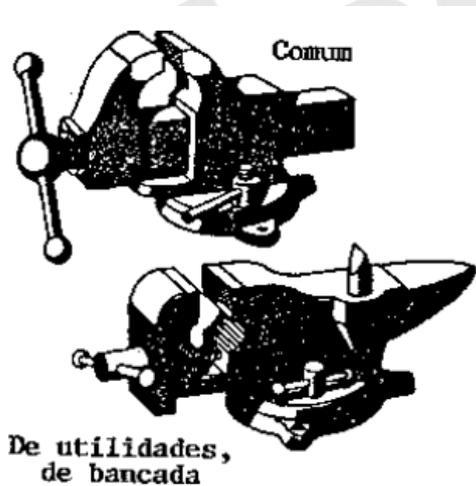
As morsas e os grampos são ferramentas usadas para segurar materiais de diversos tipos, nos quais algum tipo de serviço vai ser realizado. O tipo de serviço e o tipo de material a ser usado determinam o dispositivo de suporte.

As morsas mais comumente usadas são mostradas na figura 5-5. A morsa paralela possui mandíbulas chatas e, geralmente, uma base giratória, enquanto a morsa de utilidade

de bancada, possui mandíbulas cortadas e removíveis, e uma mandíbula traseira em forma de bigorna.

Esta morsa segura o material mais pesado que a paralela e também segura canos e hastes com firmeza. A mandíbula traseira pode ser usada como uma bigorna, caso seja um serviço leve. O grampo "C" ou sargento, como ele é comumente chamado, tem o formato de um grande C e possui três partes principais: (1) Um parafuso, (2) a mandíbula, e (3) a cabeça giratória. A placa giratória, na ponta do parafuso, evita que a extremidade do parafuso gire diretamente contra o material preso.

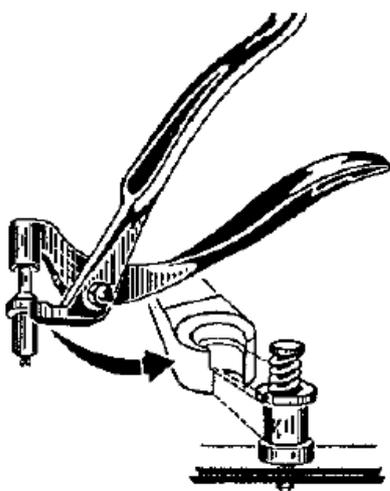
Apesar dos grampos "C" variarem em tamanho a partir de 2 polegadas, sua função é sempre de fixar ou segurar.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-5 Morsas.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-6 Prendedor Cleco.

O formato do grampo "C" permite que ele abarque as obstruções próximas à borda da peça. A maior limitação ao uso de grampo "C", é sua tendência a abrir. Ele deve ser apertado manualmente.

O prendedor de chapa de metal mais comum é o Cleco (figura 5-6), ele é usado para prender partes de chapas perfuradas juntas. A menos que as chapas fiquem bem presas, elas se separarão durante a rebiteagem.

Este tipo de prendedor é fabricado em seis diferentes tamanhos: 3/32, 1/8, 5/32, 3/16, 1/4 e 3/8 da polegada. O tamanho vem gravado no prendedor. Alicates especiais são usados para inserir o prendedor no furo. Um alicate serve para os seis diferentes tamanhos.

Os parafusos de rosca soberba para metal são, às vezes, usados como prendedores temporários. As chapas de metal devem ser bem fixas antes de instalar esses parafusos, uma vez que as roscas tendem a separar as chapas. Arruelas colocadas sob a cabeça dos parafusos evitam danos e arranhões no metal.

1.7 MÁQUINAS PARA TRABALHOS EM METAIS

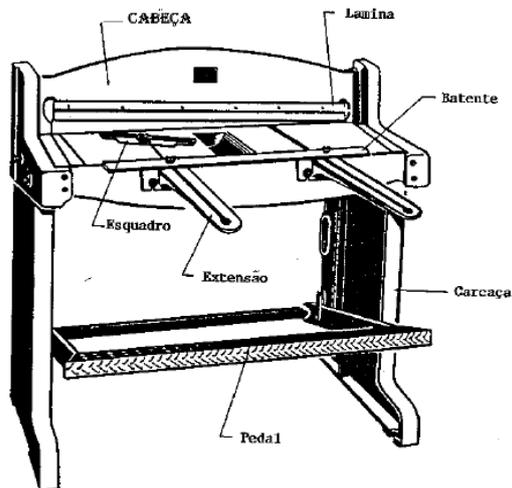
Sem as máquinas, um dado serviço se tornaria mais difícil e cansativo, e o tempo requerido para realizá-lo seria muito maior.

Algumas das máquinas usadas são discutidas aqui. Isto inclui as máquinas para corte de metal motorizadas e não motorizadas, tais como os diversos tipos de serras, tesouras motorizadas ou não e guilhotinas. Também estão incluídos os equipamentos para modelagem (motorizados ou não) tais como viradeiras e laminadores, a dobradeira de barras, e máquinas para contração ou alongamento.

Ferramentas Manuais para Corte de Metais Tipo Alavanca

A guilhotina de esquadriar provê um meio conveniente de corte e esquadriamento de metais. Essas guilhotinas consistem de uma lâmina inferior fixa, presa a uma bancada, e uma lâmina superior móvel, fixa a uma cabeça cruzada (figura 5-7). Para fazer o corte, a lâmina superior é movida para baixo, pisando-se no pedal da máquina.

As guilhotinas são equipadas com uma mola que levanta a lâmina e o pedal quando deixamos de pisá-lo. Uma escala graduada em frações de polegada está inscrita na bancada. Duas fendas para o esquadriamento, consistindo de tiras grossas de metal, e usadas para esquadriar chapas metálicas estão dispostas na bancada, uma do lado direito e outra do lado esquerdo, de forma a fazer ângulo de 90° com as lâminas.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-7 Guilhotina.

Pode-se realizar três operações diferentes com a guilhotina de esquadriar: (1) Corte em linha; (2) esquadriado; e (3) cortes múltiplos em um tamanho específico. Na realização de um corte em linha, a chapa é colocada sobre a bancada da guilhotina, em frente à lâmina como a linha de corte alinhada com a borda cortante da guilhotina.

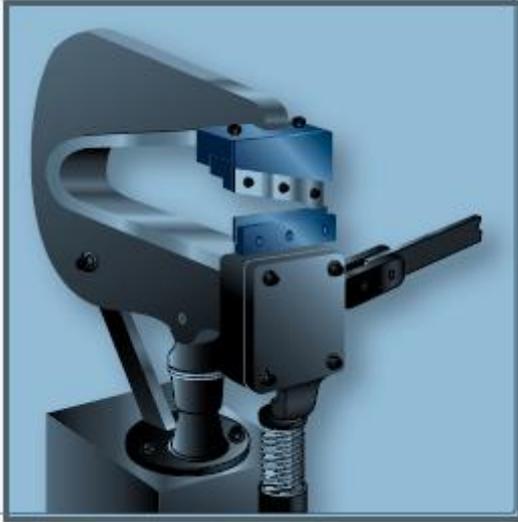
A chapa é cortada pisando-se no pedal, enquanto ela é mantida imóvel na posição através de um grampo.

O esquadriamento requer diversos passos. Primeiramente, uma das extremidades da chapa é esquadriada com uma borda (a fenda de esquadriamento é geralmente usada na borda). Então, as bordas restantes são esquadriadas mantendo-se uma extremidade já esquadriada contra uma das fendas, e fazendo-se o corte, uma borda por vez, até a última.

Quando diversos pedaços têm que ser cortados com as mesmas dimensões, usamos o medidor que faz parte da maioria das guilhotinas.

As hastes de suporte são graduadas em frações de polegada, e a barra medidora pode ser colocada em qualquer ponto sobre as hastes. Ajustamos o medidor na distância desejada a partir da lâmina da guilhotina e empurramos cada peça a ser cortada contra a barra medidora. Todos os pedaços poderão, então, ser cortados do mesmo tamanho.

Tesourões em espiral (figura 5-8) são usados no corte de linhas irregulares no meio de uma chapa, sem cortar, a partir das bordas. A lâmina superior é estacionária, enquanto a lâmina inferior é móvel. A máquina é operada através de uma alavanca conectada à lâmina inferior.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-8 Tesourão em espiral.

Os tesourões sem pescoço (figura 5-9) são mais utilizados para cortar chapas de metal ao carbono até a medida 10. Seu nome vem de sua construção. Ele realmente não tem pescoço. Não há obstruções durante o corte, uma vez que não há pescoço. Uma chapa de qualquer medida pode ser cortada, e o metal pode ser girado em qualquer direção para permitir o corte de formatos irregulares. A lâmina de corte superior é operada por meio de uma alavanca.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-9 Tesourão sem pescoço.

O vazador rotativo (figura 5-10) é usado nas oficinas de reparo de célula para fazer furos em partes metálicas. Esta máquina pode ser usada para cortes circulares em arestas, para fazer arruelas, e para muitos outros serviços onde sejam necessários furos. A máquina é composta de duas torres cilíndricas, uma montada sobre a outra e suportadas pela estrutura da máquina. Ambas as torres estão sincronizadas para girarem juntas, e pinos de índice asseguram um alinhamento correto durante todo o tempo. Os pinos de índice podem ser soltos de sua posição de travamento, girando-se uma alavanca do lado direito da máquina. Essa ação remove os pinos de índice dos furos afilados, e permite que o operador gire as torres para qualquer tamanho de furo desejado.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Fonte: LAC – *Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional*

Figura 5-10 Vazador rotativo.

Para rodar as torres e mudar o tamanho de furo, soltamos a alavanca de índice quando o punção desejado estiver a 1 polegada do batente, e continuamos a girar a torre vagarosamente até que o topo de fixação do punção deslize para dentro da extremidade com ranhuras do batente.

Os pinos afilados de trava do índice ajustar-se-ão em seus furos e, ao mesmo tempo, soltamos o dispositivo de trava mecânica, que evita a furação até que as torres estejam alinhadas.

Para operar a máquina, posicionamos o metal a ser furado entre a estampa e o punção. Puxamos a alavanca no topo da máquina contra nosso corpo. Isso atuará o eixo pinhão, o segmento de engrenagem, a articulação e o batente, forçando o punção a atravessar o metal. Quando a alavanca é retornada a sua posição original, o metal é removido do punção. O diâmetro do punção está estampado na frente de cada suporte.

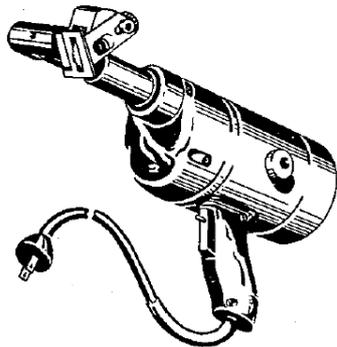
Cada punção tem um ponto em seu centro, que é posicionado no centro do furo a ser feito, para uma localização correta.

Ferramentas Motorizadas para o Corte de Metais

A serra elétrica Ketts (figura 5-11) utiliza lâminas de vários diâmetros. A cabeça dessa serra pode ser girada para qualquer ângulo desejável, e é muito útil na remoção de seções danificadas em vigas de reforço. As vantagens da serra Ketts são:

- 1) Corta metais até 3/16 de polegada de espessura;
- 2) Não requer furo inicial;
- 3) Pode-se iniciar o corte em qualquer ponto da chapa;
- 4) Consegue cortar raios internos ou externos.

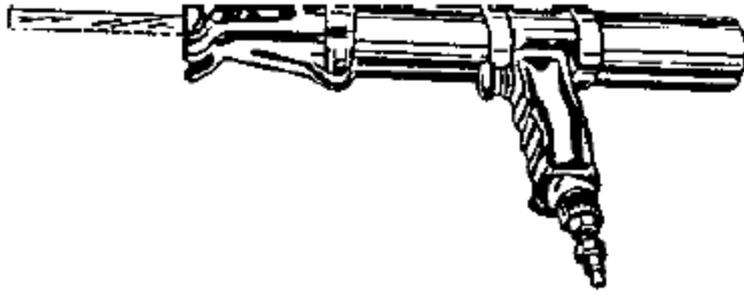
Para evitar o travamento, seguramos o cabo da ferramenta com firmeza durante toda a utilização. Antes de instalar uma lâmina, ela deve ser verificada cuidadosamente quanto a possíveis rachaduras. Um lâmina rachada pode despedaçar-se, resultando em graves danos pessoais.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-11 Serra elétrica Ketts.

A serra vaivém portátil a ar, possui o formato de uma pistola para facilitar seu manuseio. Ela opera mais eficientemente com uma pressão de ar de 85 a 100 p.s.i. A serra vaivém utiliza uma lâmina de serra padrão, e pode fazer cortes em 360°, ou furos quadrados ou retangulares. Possui utilização fácil e segura.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-12 Serra vaivém.

Uma serra vaivém deve ser usada de forma que, pelo menos 2 dentes da serra estejam sempre cortando. Evitamos aplicar muita pressão para baixo durante o corte, pois isto poderá provocar a quebra da lâmina.

Recortadores

Recortadores fixos e portáteis são usados para cortar metais, através de estampagem a alta velocidade. A ação de corte ou estampagem é causada pelo movimento de sobe desce do punção inferior, que se encontra com o punção superior. A forma do punção inferior permite que pequenas peças de metal, de aproximadamente 1/16 de polegada de largura, possam ser cortadas.

A velocidade de corte do recortador é controlada pela espessura do metal a ser cortado. Chapas de metal com no máximo 1/16 de polegada de espessura podem ser satisfatoriamente cortadas. O excesso de força aplicada ao metal durante a operação de corte obstruirá os punções, causando sua falha ou um superaquecimento do motor.

O parafuso com pressão de mola, na base do punção inferior, deve ser ajustado para que o metal se mova livremente entre os punções. Esse ajuste deve ser suficiente para segurar o material firmemente a fim de evitar cortes irregulares. Os punções podem ser calçados para operações especiais de corte.

Furadeiras Portáteis

Um dos serviços mais comuns em estruturas metálicas é a realização de furos para rebites e parafusos. Esta operação não é difícil, especialmente em metais leves. Uma vez que

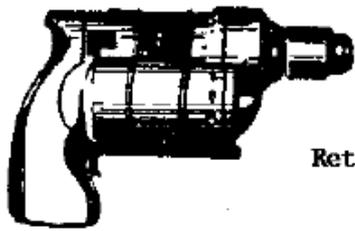
se aprenda os fundamentos e o uso das furadeiras, uma pequena furadeira portátil é, geralmente, a máquina mais prática.

Contudo, em alguns casos, uma furadeira de coluna poderá ser mais adequada a certos trabalhos.

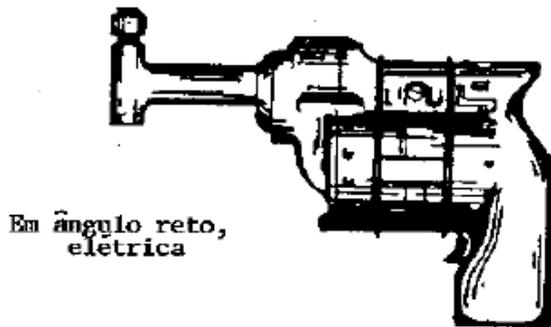
Há furadeiras elétricas e a ar comprimido. Há furadeiras elétricas que funcionam tanto em corrente alternada como em corrente contínua, enquanto outras utilizam apenas um tipo de corrente.

Elas são encontradas em diversos tamanhos e formas para satisfazer alguns requisitos (figura 5-13). As furadeiras pneumáticas são recomendadas para serviços próximos a materiais inflamáveis, onde as centelhas de uma furadeira elétrica poderiam acarretar perigo de incêndio.

Quando o acesso a um local, onde se deve fazer um furo, for difícil ou impossível com uma furadeira reta, usamos vários tipos de extensões e adaptadores. Uma extensão reta pode ser feita a partir de um pedaço de broca comum.



Reta, elétrica



Em ângulo reto, elétrica



Reta, pneumática



Em ângulo reto, pneumática



A 360°, pneumática

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-13 Furadeiras portáteis.

A broca boa é fixada ao pedaço por atrito, brasagem ou soldagem de prata. Os adaptadores em ângulo podem ser usados tanto em furadeiras elétricas como em pneumáticas, quando a localização do furo for inacessível para uma furadeira reta.

Os adaptadores em ângulo possuem uma extensão de encaixe fixada ao mandril da furadeira. Em uso, a furadeira é segurada em uma mão, e o adaptador na outra para evitar o seu giro. Pode-se usar uma extensão flexível para furar em locais inacessíveis às furadeiras comuns. Sua flexibilidade permite a furação através de obstruções com um esforço mínimo.

Durante a utilização da furadeira portátil, a seguramos firmemente com as duas mãos. Antes de furar colocamos sobre a peça a ser furada, na posição do furo, um bloco de apoio de madeira para dar suporte ao metal e evitando furar a base de apoio.

A broca a ser usada deve ser inserida no mandril, e devemos testar a furadeira por alguns instantes. Uma broca que oscile ou que esteja ligeiramente torta não deve ser usada, uma vez que tal condição causará um furo irregular.

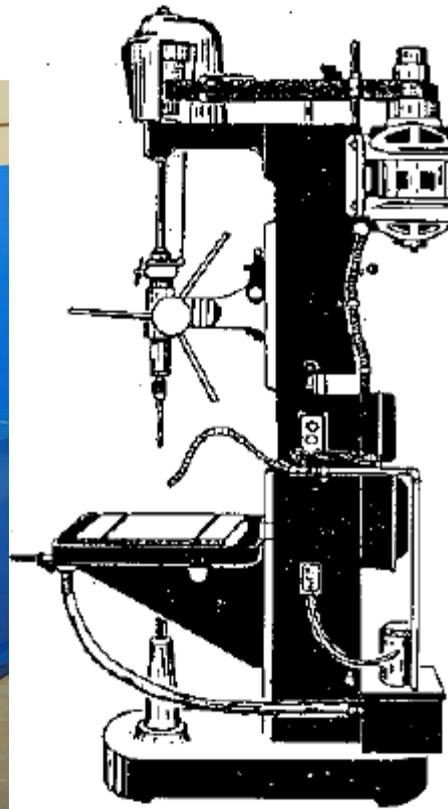
A furadeira deve ser sempre mantida em ângulo reto com a chapa. Oscilando-se a furadeira durante a introdução ou extração da broca do furo, fará com que o furo seja alongado.

Durante a Furação, Usamos Sempre Óculos de Proteção

Durante a furação de chapas metálicas, pequenas rebarbas ao redor da borda do furo se formam. As rebarbas devem ser removidas para que os rebites ou parafusos encaixem perfeitamente e evitem arranhões. Elas podem ser removidas com um raspador, um escareador ou uma broca, numa medida maior do que a do furo. Se for usada uma broca ou escareador, ela deve ser girada manualmente.

Furadeira de Coluna

A furadeira de coluna é uma máquina usada para realizar furos de grande precisão. Ela serve como um meio preciso de localizar e manter a direção do furo que deve ser feito, além de possuir uma alavanca que facilita a introdução da broca no material. Há uma grande variedade de furadeiras de coluna, a mais comum é a vertical (figura 5-14).



Fonte: www.rodan.com.br

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-14 Furadeira de coluna.

Durante a utilização da 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 deverá ser baixada. Quando a altura da peça for menor que a distância entre a broca e a mesa, esta deverá ser erguida.

Depois do ajuste adequado da mesa, a peça é colocada sobre a mesa, e a broca é baixada para ajudar no posicionamento da peça e centralização do furo. Após isto, a peça é presa à mesa para evitar que ela deslize durante a furação. Uma fixação inadequada pode provocar o giro da peça em contato com a broca, causando a perda de dedos ou mãos, ou mesmo cortes sérios nos braços ou no corpo do operador. Devemos nos assegurar que a peça a ser furada está bem fixada na mesa da furadeira, antes de iniciar a furação.

O grau de precisão a ser alcançado dependerá, até certo ponto, do estado do eixo da furadeira, mancais e do mandril. Por isso, é preciso um cuidado especial em se manter essas partes sempre limpas e livres de entalhes, amassamentos ou empenamento. Verificamos sempre que a luva esteja bem encaixada no furo do eixo. Nunca usamos uma broca quebrada,

nem ferramenta para luvas, a fim de remover uma broca, pois isto poderá provocar seu empenamento.

Esmeril

O termo esmeril se aplica a todas as formas de esmerilhadores. Para ser mais específico, consiste em uma máquina que possui uma roda abrasiva que remove o excesso de material, produzindo uma superfície lisa. Há muitos tipos de máquinas de esmerilhar ou retificadoras, porém, somente aquelas úteis ao mecânico de célula serão abordadas aqui.

Rodas de Esmeril

Uma roda de esmeril é uma ferramenta de corte com um grande número de arestas cortantes, arranjadas de forma que quando gastam, se partem originando novas arestas. O Carboneto de silício e o óxido de alumínio são os dois tipos de abrasivos mais usados na maioria das rodas de esmeril.

O carboneto de silício é o agente cortante usado para esmerilhar materiais duros, tais como o ferro fundido. Ele é também usado para esmerilhar alumínio, bronze, latão e cobre. O óxido de alumínio é o agente cortante para esmerilhar aço e outros metais com alta resistência a tração.

O tamanho das partículas abrasivas, usadas nas rodas de esmeril, é indicado por um número que corresponde ao de elementos por polegada linear de uma tela, através da qual as partículas irão passar. Como um exemplo, um número de 30 abrasivos passarão por uma tela com 30 furos por polegada linear, porém serão retidos por uma malha mais fina, com mais de 30 furos por polegada linear.

A cola é o material que une as partículas para formar a roda. O tipo e a quantidade da cola usada determinam a dureza da roda. As colas normalmente usadas são o vitrificado, o silicato, o resinoide, a borracha e a goma laca. O vitrificado e o silicato são as colas mais usadas, sendo o vitrificado utilizado em 3/4 de todas as rodas de esmeril fabricadas. Essa cola forma uma roda muito uniforme, resistente a óleos, ácidos, água, calor ou frio. A cola de silicato, contudo, é melhor para esmerilhar ferramentas pontudas.

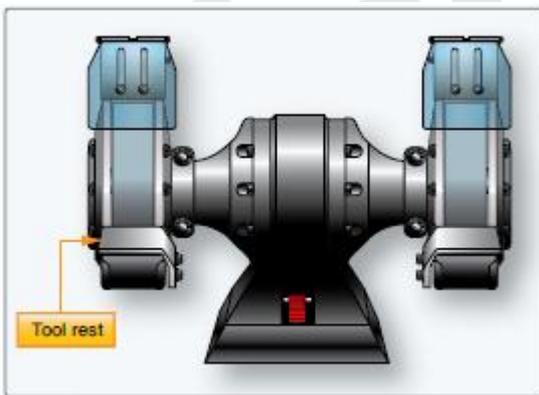
As rodas colocadas com resinoide são mais adequadas para serviços pesados. As coladas com borracha são usadas onde se requer alto polimento. As rodas colocadas com

goma laca são usadas para esmerilhar materiais, onde se requer uma superfície brunida ou polida.

Um esmeril molhado, apesar de semelhante ao esmeril de pedestal, difere daquele por possuir uma bomba que supre um fluxo de água para uma única roda de esmeril.

A água reduz o calor produzido pelo material que está em atrito com a roda. Ela também lava quaisquer restos de metal ou abrasivos removidos durante o esmerilhamento. A água retorna para um tanque e pode ser reutilizada.

Um esmeril de bancada comum, encontrado na maioria das oficinas de chapas é mostrado na figura 5-15. Esse esmeril pode ser usado para operar cinzéis e para apontar formões, chaves de fenda e brocas, para desbastar trabalhos e para alisar superfícies metálicas.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-15 Esmeril.

Esse tipo de esmeril é geralmente equipado com uma roda abrasiva grossa e uma fina. A roda média é geralmente usada para esmerilhar peças em que uma considerável quantidade de material deva ser removido, ou onde um acabamento liso não é importante. A roda fina é geralmente usada para afiar ferramentas e esmerilhar peças delicadas, uma vez que ele remove o metal vagarosamente, dá ao trabalho um acabamento mais liso, e não gera calor suficiente para destemperar as lâminas de ferramentas cortantes.

Quando é necessário fazer um corte profundo ou remover uma grande quantidade de material de uma peça, é geralmente aconselhável esmerilhar com uma roda média primeiro e, depois, dar o acabamento com uma roda fina. As rodas de esmeril são removíveis, e o esmeril é desenhado de forma que elas possam ser substituídas por escovas metálicas, rodas para polimento, ou rodas de couro para polegada.

Como regra, não é aconselhável esmerilhar peças contra os lados da roda de esmeril. Quando uma roda abrasiva fica gasta, sua eficiência no corte reduz-se devido à redução da

velocidade da superfície. Quando uma roda de esmeril fica gasta dessa maneira, ela deve ser substituída por uma nova.

Antes de usar um esmeril de bancada, nos certificamos de que as rodas de esmeril estão bem fixas no eixo do motor através das porcas flangeadas. Se uma roda se soltar, ela pode ferir gravemente o operador, e danificar o equipamento. Outro perigo, é a altura do descanso para ferramentas. Um descanso frouxo pode fazer com que a ferramenta ou peça seja arrancada das mãos do operador, fazendo com que as mãos toquem a roda de esmeril, causando graves ferimentos.

Sempre que usar o esmeril, utilize óculos de segurança, mesmo que haja uma proteção em volta do esmeril. Os óculos devem encaixar-se bem contra a face e nariz. Esse é o único meio de protegermos os olhos dos fragmentos metálicos.

Óculos frouxos devem ser substituídos por outros que se encaixem perfeitamente. Verificamos as rodas abrasivas quanto a rachaduras, antes de ligarmos o esmeril. Uma roda rachada pode desintegrar-se graças à alta velocidade de rotação. Nunca usamos um esmeril sem proteção contra desintegração (anteparo).

1.8 MÁQUINAS PARA MODELAGEM

As máquinas para modelagem tanto podem ser manuais ou a motor. As pequenas são geralmente manuais, enquanto as grandes são a motor.

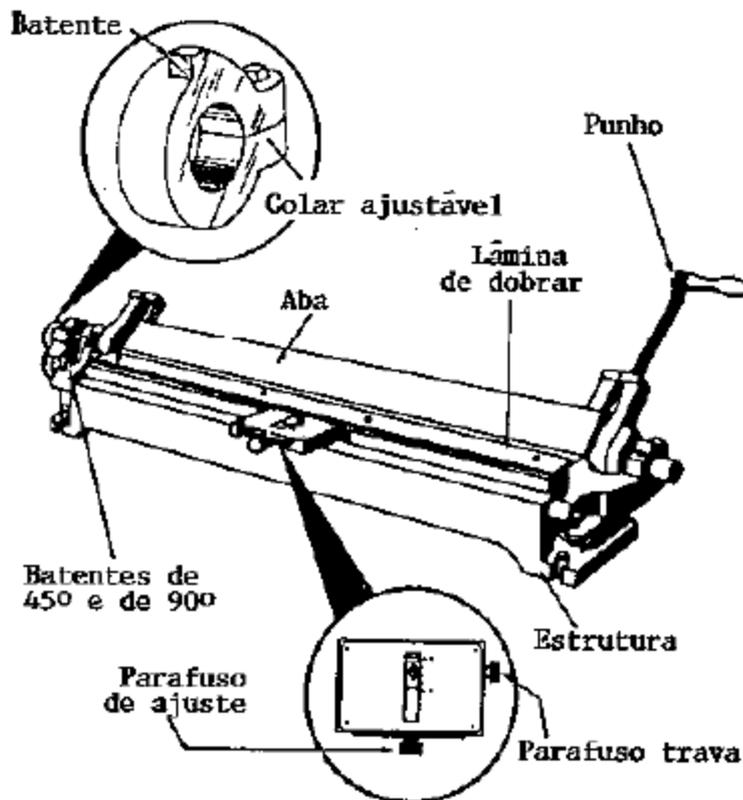
As máquinas em linha reta incluem equipamentos como o dobrador de barras, a viradeira, e etc. As máquinas rotativas incluem o laminador e a máquina de combinação. As máquinas a motor incluem o laminador elétrico e o flangeador elétrico.

Dobrador de Barra

O dobrador de barra (figura 5-16) é desenhado para a realização de dobras ao longo das bordas de chapas.

Essa máquina se adapta melhor à dobragem de pequenas bainhas, flanges e bordas, para serem amarradas com arame. A maioria dos dobradores de barra aceitam metal até o tamanho 22 em espessura e 42 polegadas de comprimento.

Antes de usarmos um dobrador de barra, há vários ajustes que devem ser feitos quanto à espessura do material, largura, a agudeza e o ângulo da dobragem.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-16 Dobradora de barras.

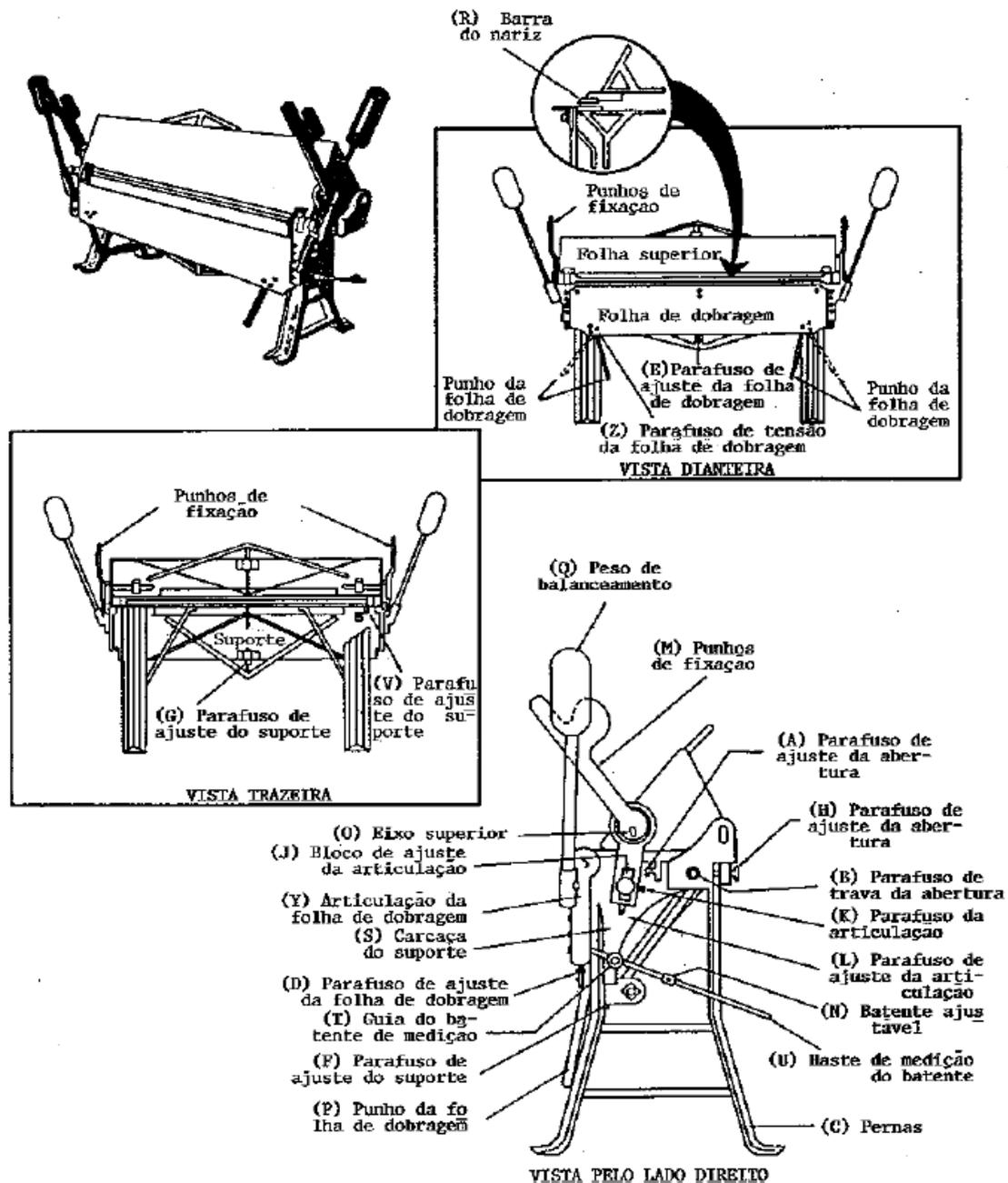
O ajuste de espessura é feito com o ajuste dos parafusos das extremidades do dobrador. A medida que isto é feito, colocamos um pedaço de metal da espessura desejada no dobrador, levantamos a alavanca de operação até que o rolete pequeno faça batente no came.

A lâmina de dobragem é mantida nessa posição e os parafusos ajustados de forma que o material fique bem fixo ao longo de toda a extensão da lâmina de dobragem.

Após o ajuste, testamos cada extremidade da máquina separadamente com um pequeno pedaço de metal, dobrando-o.

Há dois batentes no dobrador, um para 45° e outro para 90°. Um dispositivo adicional (anel) pode ser pré ajustado para qualquer ângulo, dentro da capacidade da máquina.

Para fazer ângulos de 45° ou 90°, o batente correto é movido para a sede. Isso permitirá que a alavanca seja movida até o ângulo correto. Para fazer outros ângulos, o anel ajustável, mostrado na figura 5-16 é utilizado. Isto é feito soltando-se o parafuso, e ajustando-se o batente no ângulo desejado. Após o ajuste do batente, apertamos o parafuso e completamos a dobra.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-17 Viradeira.

Para fazer a dobragem, ajustamos a máquina corretamente, e depois inserimos o metal.

O metal é inserido entre a lâmina de dobragem e o mordente da máquina. Seguramos o metal firmemente contra o batente e puxamos a alavanca contra o corpo. À medida que a alavanca é puxada, o mordente automaticamente levanta e prende o metal, até que a dobragem desejada seja realizada. Quando a alavanca é setoriada à sua posição original, o mordente e a lâmina retornam às suas posições originais e soltam o metal.

Viradeira

A viradeira (figura 5-17) possui uma gama de utilização bem mais ampla que o dobrador de barra. Qualquer dobra feita em um dobrador de barra, pode ser feita em uma viradeira.

O dobrador de barra é limitado pela profundidade dos mordentes. Em comparação, a viradeira permite que a chapa a ser dobrada ou modelada passe através dos mordentes do início ao fim, sem obstrução.

A capacidade de dobragem da viradeira é determinada pelo fabricante. A capacidade padrão dessas máquinas vai desde o metal nº 12 ao nº 22, e o comprimento da dobra vai de 3 a 12 pés. A capacidade de dobragem da viradeira é determinada pela espessura da borda das várias barras de folha da dobragem.

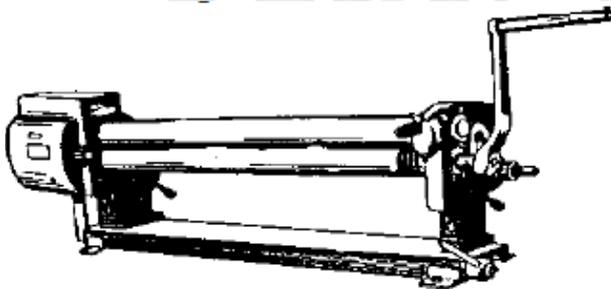
A maioria dos metais tem a tendência de voltar à sua forma original. Se a viradeira for ajustada para um ângulo de 90°, o metal dobrado provavelmente formará um ângulo de 87° ou 88°.

Por isso, se desejarmos uma dobra em ângulo de 90°, ajustamos a viradeira para um ângulo de aproximadamente 93°.

Laminador

O laminador (figura 5-18) é operado manualmente, e consiste de três rolos, dois apoios, uma base e uma manivela. A manivela gira os dois rolos dianteiros através de um trem de engrenagens.

Os rolos dianteiros servem como alimentadores ou rolos de pega. O rolo traseiro dá a curvatura adequada ao trabalho. Os rolos dianteiros são ajustados através de dois parafusos nas laterais da máquina.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-18 Laminador.

O rolo traseiro é ajustado através de dois parafusos atrás de cada apoio. Os rolos dianteiro e traseiro são ranhurados para permitir a modelagem de objetos com arame na borda. O rolo superior é equipado com uma soltura que permite uma remoção fácil do metal depois da dobra.

Durante seu uso, o rolo dianteiro inferior deve ser erguido ou abaixado, para que a chapa de metal possa ser inserida. Se o objeto possuir uma borda dobrada, deverá haver folga bastante entre os rolos para evitar um achatamento da dobra. Se um metal que requeira cuidados especiais (como o alumínio) estiver sendo dobrado, os rolos devem estar limpos e sem imperfeições.

O rolo traseiro deve ser ajustado para dar a curvatura adequada à parte que se quer dobrar. Não há indicadores que mostrem os ajustes para um diâmetro específico. Por isso, o ajuste deve ser feito por tentativas até alcançar a curvatura desejada.

O metal deve ser inserido entre os rolos pela frente da máquina. Giramos a manivela no sentido horário para que os rolos puxem a chapa.

Uma borda inicial é formada, segurando-se a manivela firmemente com a mão direita e erguendo o metal com a mão esquerda. A dobra da borda inicial é determinada pelo diâmetro da parte a ser dobrada. Caso a borda da parte for chata ou quase chata, não se deve fazer a dobra inicial.

Certificamo-nos que os dedos, ou partes da roupa, não estão sobre os rolos antes de iniciar a formatação. A manivela é rodada até que o metal esteja parcialmente introduzido nos rolos, com a mão esquerda apoiamos a chapa de metal já dobrada, e então continuamos a girar a manivela até que toda a chapa saia.

Caso a curvatura desejada não seja obtida, voltamos o metal para a posição inicial, girando a manivela no sentido contrário. Erguemos ou abaixamos o rolo traseiro, e passamos o metal pelos rolos novamente. Esse processo se repete até que a curvatura desejada seja obtida, depois soltamos o rolo superior e removemos o metal.

Se a parte a ser moldada possui formato afunilado, o rolo traseiro deve ser ajustado, de forma que os rolos fiquem mais próximos em uma extremidade que na outra. Essa diferença deverá ser ajustada por tentativas.

Se a parte possuir uma borda com arame, a distância entre os rolos superior e inferior, e a distância entre o rolo inferior dianteiro e o rolo traseiro, deverá ser ligeiramente maior na borda com arame que no lado oposto.

Processo de Moldagem

Antes de fixarmos uma parte a uma aeronave, durante a fabricação ou reparo, ela deve ser moldada para encaixar-se no lugar. Esse processo de moldagem pode ser muito simples, tal como fazer um ou dois furos para fixação, ou pode ser extremamente complexo, requerendo formatos com curvaturas complexas.

As partes são modeladas, nas fábricas, em grandes prensas ou através de martelos mecânicos, equipados com punções para o formato correto. Cada parte é planejada pelos engenheiros da fábrica, que determinam as especificações do material a ser usado, de forma que a parte terminada possua a têmpera correta quando deixar as máquinas. Um desenho de cada peça é preparado pelos projetistas da fábrica.

Os processos de modelagem usados na linha de voo, e os praticados na manutenção ou reparo, são quase que diretamente opostos quanto ao método de procedimento. Contudo, eles têm muito em comum. Muito dos fatos e técnicas, aprendidos em um processo, podem ser aplicados ao outro.

A modelagem é de grande importância ao mecânico de célula, e requer o máximo do seu conhecimento e da sua habilidade. A moldagem geralmente envolve o uso de ligas extremamente finas, de natureza delicada, que podem ser facilmente inutilizadas através de um trabalho grosseiro ou descuidado. Uma parte moldada pode parecer extremamente perfeita, ainda que um procedimento errado na moldagem tenha criado uma condição de fadiga. Tal defeito pode acelerar a fadiga ou causar uma súbita falha estrutural.

De todos os metais de aviação, o alumínio intrínseco é o mais facilmente moldável. Quanto às ligas de alumínio, essa facilidade varia de acordo com a condição de têmpera. Uma vez que as modernas aeronaves são construídas principalmente de alumínio ou ligas de alumínio, esta seção tratará dos procedimentos de moldagem de alumínio ou liga de alumínio. A maioria das partes pode ser moldada sem destemperar o metal, porém, se grandes operações de moldagem, como estampagens profundas em prensas, ou curvas complexas, forem planejadas, o metal deverá estar sem têmpera, e em estado macio.

Durante a moldagem de algumas partes complexas, as operações devem ser interrompidas, e o metal destemperado, antes que o processo seja continuado ou completado. A liga 2024 sem têmpera pode ser moldada em praticamente qualquer forma, através das operações comuns de moldagem, porém, ela deverá sofrer um tratamento térmico ao final da moldagem.

Durante a moldagem, utilizamos martelos e macetes com o maior cuidado possível. Realizamos as dobras em linha reta em dobradores de barra ou viradeiras. Máquinas rotativas são usadas sempre que possível.

Se uma parte não se encaixar bem, não tentamos consertar apertando mais, apenas rejeitamos a parte e começamos de novo com um novo pedaço de metal.

Durante o desenho da peça, tomamos cuidado para não arranhar o alumínio ou a liga. Um lápis, bem apontado, será suficiente para a marcação.

Os riscadores fazem arranhões que levam a uma falha por fadiga. Porém, eles podem ser usados caso as linhas riscadas estejam na parte do metal que será rejeitada.

A superfície das bancadas é coberta com um material suficientemente duro, para impedir que rebarbas do metal se alojem ali. A superfície deve ficar sempre limpa e livre de rebarbas, aparas, etc. Para proteger os metais, cobrimos os mordentes das morsas com capas de metal macio.

O aço inoxidável pode ser moldado através de qualquer um dos métodos usuais, porém requer maior habilidade do que para moldar alumínio ou ligas de alumínio.

Uma vez que o aço inoxidável endurece muito rapidamente, ele requer um destemperamento frequente durante as operações de moldagem. Procuramos sempre prensar peças de aço inoxidável de uma só vez. Usamos punções, quando possível.



Referência Bibliográfica

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



No Próximo Módulo

Caro aluno,

Convido você a prosseguir seus estudos.

No próximo módulo aprenderemos sobre métodos de moldagem dos diversos materiais empregados na manutenção de aeronaves.



Fonte: aeromagazine.uol.com.br

MÓDULO II

MOLDAGEM

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Você está convidado a seguir comigo nos estudos.

Vamos abordar os métodos de moldagem dos diversos materiais aplicados na recuperação de estruturas.

2.1 TERMOS E OPERAÇÕES DE MOLDAGEM

Os métodos usados nas operações de moldagem incluem processos, como o enrugamento ou contração, o estiramento, golpeamento, amolgamento e dobragem.

Golpeamento

A moldagem de metais maleáveis, através do uso de martelos, é chamada golpeamento. Durante esse processo, o metal é apoiado sobre uma bigorna, um saco de areia,

ou um punção. Cada um contendo uma depressão, na qual as partes do metal golpeadas possam penetrar. O golpeamento pode ser feito manualmente ou por máquina.

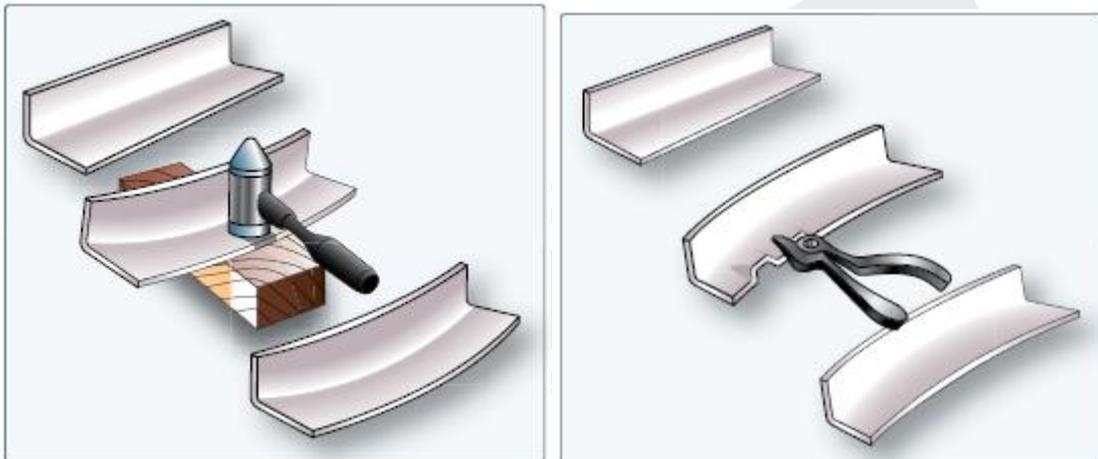
Amolgamento

A dobragem, o pregueamento, ou o corrugamento de uma peça de chapa de metal, de forma a encurtá-la, é chamado de amolgamento.

O amolgamento é geralmente usado para fazer com que a extremidade de uma peça fique ligeiramente menor que a outra, para que as duas se encaixem. A transformação de um flange em uma junta também é chamada amolgamento. Amolgando-se uma das faces de um ângulo metálico com um alicate de amolgar, a peça se curva, como mostrado na figura 5-19.

Estreitamento

Ao mantermos um pedaço de metal chato em uma área, como a indicada na figura 5-19, faremos com que o material daquela área fique mais fino. Contudo, uma vez que a quantidade de metal não tenha diminuído, ele cobrirá uma área maior por ter sido alongado.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-19 Estiramento e contração.

Estirando-se uma parte de uma peça metálica o material adjacente é afetado, especialmente no caso de ângulos moldados ou extrudados. Por exemplo, mantendo-se o metal no flange horizontal de uma tira em ângulo sobre um bloco de metal, como mostrado na figura 5-19, fará com que seu comprimento aumente, por isso, aquela seção ficaria mais

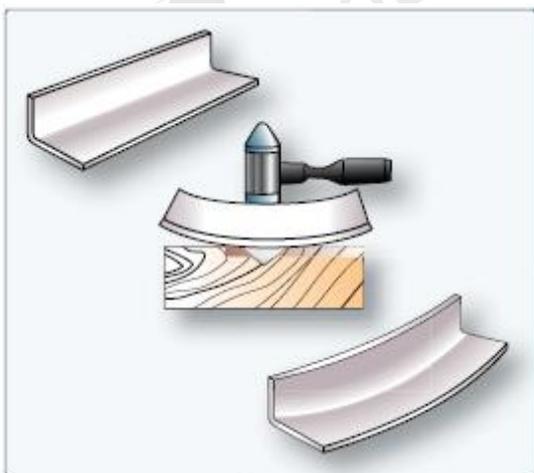
longa que a seção próxima à dobra. Devido a essa diferença de comprimento, o flange vertical é forçado a se curvar.

Contração

Durante o processo de contração, o material é forçado ou comprimido em uma área menor. O processo de contração é utilizado quando o comprimento de uma peça de metal, especialmente do lado interno de uma dobra, tenha que ser reduzido. Uma chapa metálica pode ser encurtada de duas maneiras: (1) Golpeando-a sobre um bloco em "V" (figura 5-20), ou (2) amolgando-a e depois contraindo-a sobre um bloco de contração.

Para curvamos o ângulo através do bloco em "V", posicionamos o ângulo sobre o bloco em "V" e gentilmente martelamos sobre o "V" (figura 5-20).

Durante o martelamento, a peça sobre o "V" é deslizada, para que a borda superior seja comprimida. A compressão do material, ao longo da borda superior do flange vertical, fará com que o ângulo se curve.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-20 Contração usando um bloco em "V".

O material do flange horizontal apenas se dobrará para baixo no centro, e o comprimento continuará o mesmo.

Para fazermos uma curva acentuada, podemos usar o bloco para amolgamento e o bloco para contração. Neste processo, o alicate de amolgar é utilizado para fazer pregas em um dos flanges, e as pregas são batidas, uma a uma, com um martelo.

Dobragem

A confecção de dobras em folhas, placas ou chapas, é chamada de dobragem. As dobras geralmente possuem arestas em ângulo. Geralmente são realizadas em máquinas de dobragem.

2.2 CONFECÇÃO DE DOBRAS EM LINHA RETA

Na moldagem de dobras em linha reta, a espessura do material, a composição da liga e sua condição de têmpera devem ser considerados. De forma geral, quanto mais fino o material, mais aguda poderá ser a sua dobra (maior o raio da dobra), e quanto mais macio o material, também mais aguda poderá ser a dobra.

Outros fatores que devem ser considerados na confecção de dobras em linha reta são, a tolerância quanto a dobragem, o recuo e o breque e linha de visada.

O raio de dobragem de uma chapa de material, é o raio medido no interior da curva. O raio mínimo de dobragem de uma chapa de material é a curva mais aguda ou dobra, à qual a chapa pode ser submetida sem provocar um enfraquecimento crítico do metal na dobra. Caso o raio da dobra seja muito pequeno, os estresses e fadigas enfraquecerão o metal, e poderão provocar uma rachadura.

Um raio mínimo de dobragem é especificado para cada tipo de chapa metálica para avião. O tipo do material, sua espessura e têmpera são fatores importantes. Uma chapa destemperada pode ser dobrada em um raio aproximadamente igual à sua espessura. O aço inoxidável e a liga de alumínio 2024-T requerem um raio de dobragem bem amplo (ver figura 5-28).

Tolerância de Dobragem

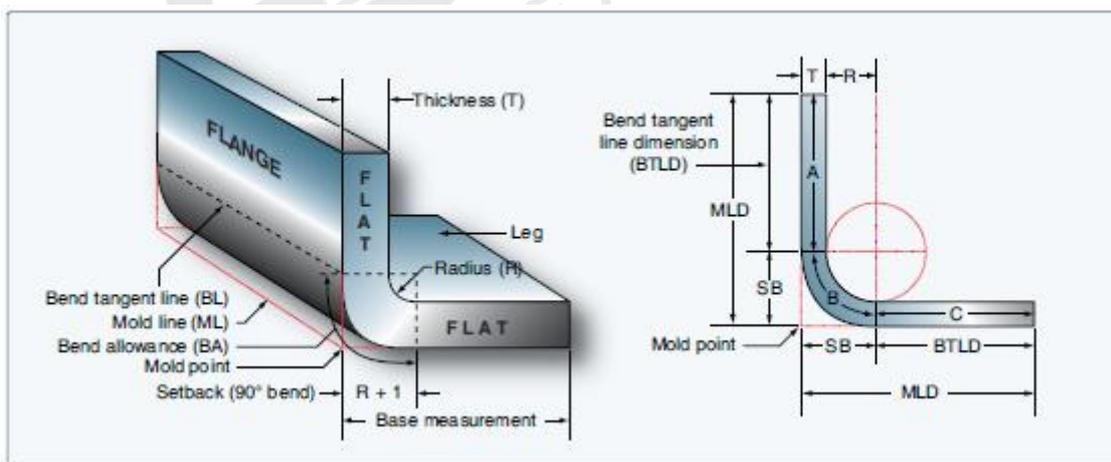
Durante a realização de uma dobragem em chapa de metal, sua tolerância deve ser calculada. A tolerância da dobra é o comprimento do material requerido para a dobragem. Essa quantidade de metal deve ser adicionada ao comprimento total do esboço para assegurar material suficiente para a dobra.

A tolerância da dobra depende de quatro fatores: (1) O grau de dobragem, (2) O raio de dobragem, (3) A espessura do metal, e (4) O tipo de metal usado.

O raio da dobragem é geralmente proporcional à espessura do material. Além disso, quanto mais agudo o raio da dobragem, menor a quantidade de material necessário para a dobra. O tipo de material também é importante. Se o material for macio, ele pode ser dobrado em um ângulo agudo, mas se for duro, o raio da dobragem será maior, e o tamanho da dobra também. O grau da dobragem afeta o comprimento total do metal, enquanto a espessura influi no raio da dobra.

A dobragem de uma tira de metal comprime o material no lado interno da curva, e estira o material no lado externo da curva. Contudo, numa distância entre esses dois extremos há uma camada que não é afetada por nenhuma das duas forças. Ela é conhecida como a linha neutra ou eixo neutro, e ocorre a uma distância aproximadamente 0.445 vezes a espessura do metal ($0.445 \times E$) a partir da face interna da dobra (figura 5-21).

Durante a dobragem de metais nas dimensões exatas, o comprimento da linha neutra deve ser determinado, de forma que haja material suficiente para a dobra.



Fonte: FAA - Mechanic Training Handbook-Airframe

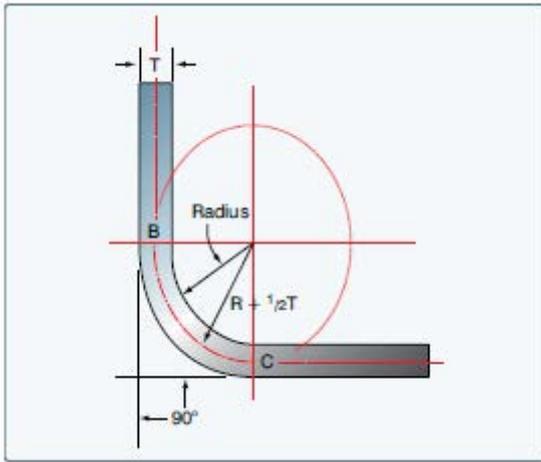
Figura 5-21 Eixos neutros.

Para economizarmos tempo com cálculos de tolerância de dobragem, estabeleceram-se fórmulas e tabelas para os vários ângulos, raios de dobragem, espessuras de material e outros fatores.

A fórmula da tolerância da dobra para uma curva de 90° é discutida nos próximos parágrafos.

Método # 1, fórmula # 1

Ao raio da curvatura (R) adicionamos metade da espessura do metal ($1/2 E$). Isso dá, $R + 1/2 E$, ou aproximadamente o raio do eixo neutro.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-22 Tolerância de uma dobra a 90°.

Compute a circunferência deste círculo, multiplicando o raio da curvatura da linha neutra:

$(R + 1/2 E$ na figura 5-22) por 2π :

$$2 \pi (R + 1/2 E)$$

NOTA: $\pi = 3,1416$

Uma vez que uma curva de 90° é um quarto de um círculo, divida a circunferência por 4. Isso dá:

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

Sendo assim, a tolerância da dobra de 90° é:

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

Para usar a fórmula e encontrar a tolerância da dobra de 90°, tendo-se um raio de 1/4 de polegada para um material de 0.051 polegada de espessura, substitua os valores na fórmula como segue:

$$\text{Tolerância } \frac{2 \times 3,1416(0,250 + 1/2 \times 0,051)}{4}$$

$$\frac{6,2832 (0,250 + 0,02555)}{4}$$

$$\frac{6,2832 (0,2755)}{4}$$

$$= 0,4323.$$

Sendo assim, a tolerância ou o comprimento a mais, necessário para a dobra, é igual a 0,4323 ou 7/16 de polegada.

A fórmula está ligeiramente imprecisa, uma vez que a linha neutra verdadeira não está exatamente no centro da chapa a ser dobrada. (Veja a figura 5-22).

Contudo, a quantidade de erro é tão insignificante que, para a maioria dos trabalhos, desde que o material seja fino, a fórmula é satisfatória.

Método # 2, fórmula # 2.

Esta fórmula utiliza duas constantes, sendo elas a relação entre o grau da dobragem e a espessura do metal para uma aplicação em particular.

Através de experiências com dobras reais em metal, os engenheiros aeronáuticos descobriram que poderiam obter resultados precisos usando a fórmula a seguir para qualquer grau de dobragem de 1° a 180°.

$$\text{Tolerância} = (0,01743 \times R + 0,0078 \times E) \times N$$

onde:

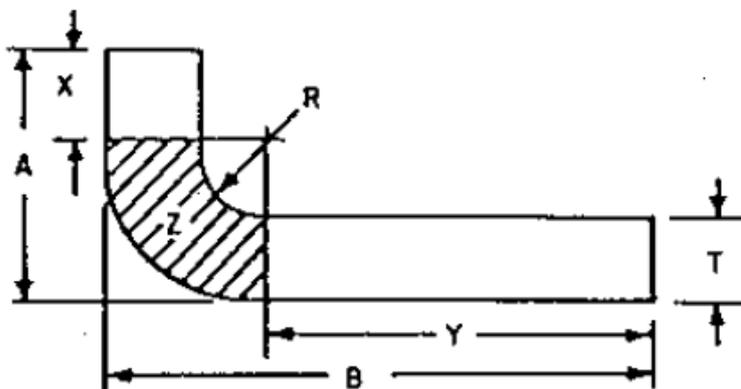
R = Raio da dobra

E = Espessura do material

N = Número de graus da dobra

TD = Tolerância da dobra

$$TD = 0,01743 \times 20^\circ$$



$$\text{Tolerância da dobra (Z)} = (0,01743 \cdot R + 0,0078 \cdot T) \cdot X$$

(Nº de graus da dobra)

T = Espessura do metal

R = Raio da dobra

Z = Tolerância da dobra

$$X = A - (R + T)$$

$$Y = B - (R + T)$$

$$\text{Comprimento total} = X + Y + Z$$

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-23 Calculando a tolerância de uma dobra.

Método # 3, uso da Tabela para dobras em 90°.

Qualquer uma das fórmulas pode ser usada, na ausência da tabela de tolerância de dobra. Para determinar a tolerância para qualquer grau de curvatura através da tabela (figura 5-24), encontramos a tolerância por grau para o número de graus da dobra.

O raio da dobra é dado em fração decimal na linha superior da tabela.

A tolerância da dobra é dada diretamente abaixo dos raios.

O número em cima, em cada caso, é a tolerância de dobra para um ângulo de 90°, enquanto o número em baixo, é para um ângulo de 1°. A espessura do material é dada do lado esquerdo da tabela.

Para encontrar a tolerância de dobra para uma chapa de 0,051 da polegada de espessura, com um raio de dobragem de 1/4 da polegada (0,250 da polegada), e para uma dobra de 90°. Lendo-se no topo da tabela de tolerâncias, encontramos a coluna para um raio de 0,250 da polegada.

Agora encontramos o bloco, nessa coluna, na mesma linha da medida de 0,051 da polegada, na coluna da esquerda.

O número em cima, no bloco, é 0,428, ou seja, a tolerância de dobra correta, em polegadas, para um ângulo de 90°.

Espes- sura da dobra	Raio da dobra em polegadas													
	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 .006135	.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 .008927
.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 .005738	.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 .007956	.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 .003824	.394 .004363	.443 .004904	.492 .005445	.542 .006003	.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 .004989	.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 .004253	.432 .004797	.480 .005338	.529 .005878	.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								.548 .006313	.617 .006853	.667 .007412	.716 .007953	.764 .008494	.863 .009593	.961 .010675

Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-24 Tabela de tolerância de dobras.

Método #4 uso da tabela para dobras diferentes de 90°.

Caso a dobra seja diferente de 90°, usamos o número de baixo, no bloco, (a tolerância para 1°) e computamos a tolerância. O número de baixo, neste caso é 0,004756. Sendo assim, caso a dobra seja de 120°, a tolerância total, em polegadas, será 120 x 0,004756, ou 0,5707 da polegada.

2.3 RECUO (Setback)

Durante a dobragem de uma chapa de metal, é necessário determinar os pontos de início e fim da dobra, de forma que o comprimento da parte chata da chapa possa ser determinado. Há dois fatores importantes nessa determinação, o raio da dobra e a espessura

do material. Na figura 5-27, notamos que o "recuo" é a distância entre a linha tangente da dobra e o ponto de molde. O ponto de molde é o ponto de intercessão das linhas que se estendem a partir das superfícies externas, enquanto as linhas tangentes da dobra são os pontos de início e fim da dobra. Notamos também que o "recuo" é o mesmo, tanto para a parte chata vertical como para a parte chata horizontal.

Outra maneira de ver o "recuo" é a seguinte: Se o mandril em uma viradeira é ajustado para a borda da mesa, um pedaço de metal é inserido, e faz-se uma dobra em 90°. O metal será cortado devido à ação de compressão da chapa. O mandril deve ser "recuado" da borda da mesa o equivalente à espessura da chapa de metal para uma dobra de 90°. Isso permite que o metal flua, formando uma dobra perfeita.

Cálculo do recuo, fórmula # 1

Para calcular o recuo para uma dobra de 90°, simplesmente adicionamos a espessura da chapa ao raio interno da dobra.

Ex: $\text{Recuo} = R + E$

Exemplo: - Calcule o recuo para uma curva de 90°, com um material de 0,051 de polegada de espessura, e sendo o raio da curva especificado como 1/8 polegada (0,125).

$$\begin{aligned}\text{Recuo} &= R + E \\ &= 0,125 + 0,051 \\ &= 0,176 \text{ polegadas}\end{aligned}$$

Cálculo do recuo, fórmula # 2.

Para calcular o recuo em ângulos maiores ou menores que 90°, consulte a tabela padrão de recuo (figura 5-25), ou a tabela "K", para o valor de "K", e então substitua na fórmula: $\text{Recuo} = K (R + E)$.

O valor de K varia de acordo com o ângulo da dobra.

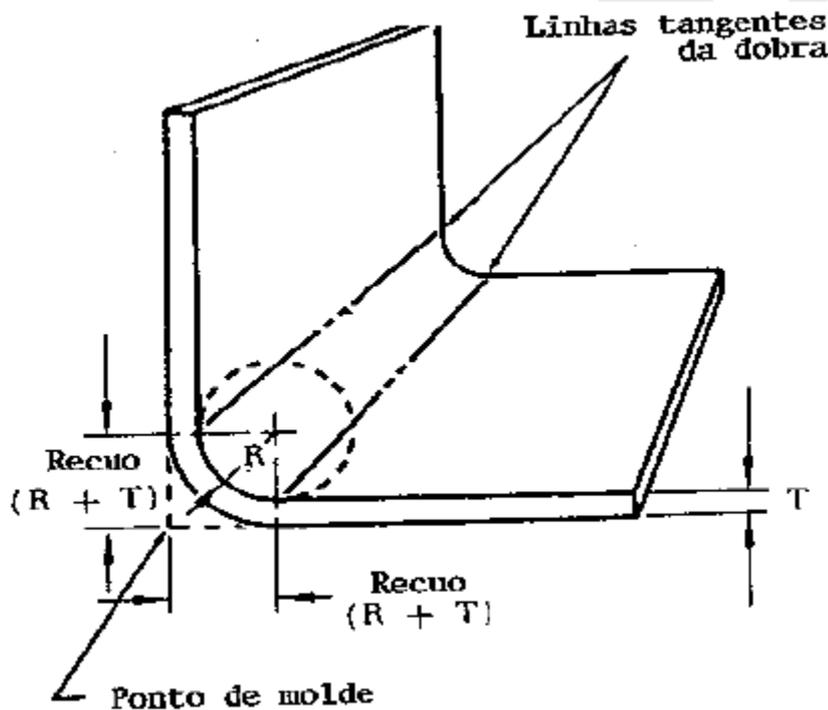
A	K	A	K	A	K
1°	.00873	61°	.58904	121°	1.7675
2°	.01745	62°	.60086	122°	1.8040
3°	.02618	63°	.61280	123°	1.8418
4°	.03492	64°	.62487	124°	1.8807
5°	.04366	65°	.63707	125°	1.9210
6°	.05241	66°	.64941	126°	1.9626
7°	.06116	67°	.66188	127°	2.0057
8°	.06993	68°	.67451	128°	2.0503
9°	.07870	69°	.68728	129°	2.0965
10°	.08749	70°	.70021	130°	2.1445
11°	.09629	71°	.71329	131°	2.1943
12°	.10510	72°	.72654	132°	2.2460
13°	.11393	73°	.73996	133°	2.2998
14°	.12278	74°	.75355	134°	2.3558
15°	.13165	75°	.76733	135°	2.4142
16°	.14054	76°	.78128	136°	2.4751
17°	.14945	77°	.79543	137°	2.5386
18°	.15838	78°	.80978	138°	2.6051
19°	.16734	79°	.82434	139°	2.6746
20°	.17633	80°	.83910	140°	2.7475
21°	.18534	81°	.85408	141°	2.8239
22°	.19438	82°	.86929	142°	2.9042
23°	.20345	83°	.88472	143°	2.9887
24°	.21256	84°	.90040	144°	3.0777
25°	.22169	85°	.91633	145°	3.1716
26°	.23087	86°	.93251	146°	3.2708
27°	.24008	87°	.94978	147°	3.3759
28°	.24933	88°	.96589	148°	3.4874
29°	.25862	89°	.98270	149°	3.6059
30°	.26795	90°	1.00000	150°	3.7320
31°	.27732	91°	1.0176	151°	3.8667
32°	.28674	92°	1.0355	152°	4.0108
33°	.29621	93°	1.0538	153°	4.1653
34°	.30573	94°	1.0724	154°	4.3315
35°	.31530	95°	1.0913	155°	4.5107
36°	.32492	96°	1.1106	156°	4.7046
37°	.33459	97°	1.1303	157°	4.9151
38°	.34433	98°	1.1504	158°	5.1455
39°	.35412	99°	1.1708	159°	5.3995
40°	.36397	100°	1.1917	160°	5.6713
41°	.37388	101°	1.2131	161°	5.9758
42°	.38386	102°	1.2349	162°	6.3137
43°	.39391	103°	1.2572	163°	6.6911
44°	.40403	104°	1.2799	164°	7.1154
45°	.41421	105°	1.3032	165°	7.5957
46°	.42447	106°	1.3270	166°	8.1443
47°	.43481	107°	1.3514	167°	8.7769
48°	.44523	108°	1.3764	168°	9.5144
49°	.45573	109°	1.4019	169°	10.385
50°	.46631	110°	1.4281	170°	11.430
51°	.47697	111°	1.4550	171°	12.706
52°	.48773	112°	1.4826	172°	14.301
53°	.49858	113°	1.5108	173°	16.350
54°	.50952	114°	1.5399	174°	19.061
55°	.52057	115°	1.5697	175°	22.904
56°	.53171	116°	1.6003	176°	26.636
57°	.54295	117°	1.6318	177°	38.188
58°	.55431	118°	1.6643	178°	57.290
59°	.56577	119°	1.6977	179°	114.590
60°	.57735	120°	1.7320	180°	Infinito

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-25(A) Tabela de recuo (K).

Exemplo: - Calcule o recuo para uma dobra de 120° com um raio de 0,125 de polegada em uma chapa com 0,032 de polegada de espessura.

$$\begin{aligned}\text{Recuo} &= K (R + E) \\ &= 1,7320 (0,125 + 0,032) \\ &= 0,272 \text{ polegadas.}\end{aligned}$$



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-25(B) Recuo de dobra a 90°.

Linha de Visada

A linha de visada é a marca em uma chapa plana, que é alinhada com a extremidade da barra de raio da viradeira, e serve como guia na dobragem. A linha de visada pode ser localizada, medindo-se um raio a partir da linha de tangência da dobra mais próxima da extremidade a ser inserida sob a extremidade da viradeira. A ponta da viradeira deve ficar exatamente sobre a linha de visada como mostrado na figura 5-26.

Termos Relacionados à Tolerância da Dobra.

É necessário uma familiarização com alguns termos para o entendimento da tolerância de dobra e suas aplicações em uma tarefa prática de dobragem. A figura 5-27 ilustra a maioria desses termos. São eles:

Perna ou alma. Maior superfície plana de uma dobra.

Flange. Menor superfície plana de uma dobra - o oposto da alma. Caso ambos os lados de uma dobra sejam do mesmo comprimento, eles serão chamados de perna ou alma.

Linha de Molde (LM). Linha formada pela extensão das superfícies externas da alma e do flange. (Ponto imaginário a partir do qual são feitas medidas da base real em desenhos.)

Tolerância da Dobra (TD). Quantidade de material gasto na curva (figura 5-26).

Raio (R). O raio de uma dobra sempre pelo lado interno da curva, a menos que seja de outra forma estipulado. (O raio mínimo permissível para a dobragem de um dado tipo e espessura de material deve ser sempre determinado antes de se prosseguir com qualquer cálculo de tolerância.)

Recuo (SB). O recuo é a distância da linha de tolerância da dobra até o ponto de molde. Em uma curva de 90° $SB = R + E$ (raio da dobra mais a espessura do metal). O tamanho do recuo deve ser determinado antes de fazer uma dobra, como também na localização da linha de tangência da dobra (figura 5-27).

Linha de Dobra (também chamada Linha de Visada). A linha do desenho, no material sendo moldado, que é alinhada com a ponta da viradeira e serve como um guia na dobragem. (Antes de fazer uma dobragem, deve-se decidir qual extremidade a ser inserida na viradeira. Essa medida deve ser igual ao raio da dobra. O metal é, então, inserido na viradeira, de forma que a ponta da viradeira fique exatamente sobre a linha de dobra, como mostrado na figura 5-26.)

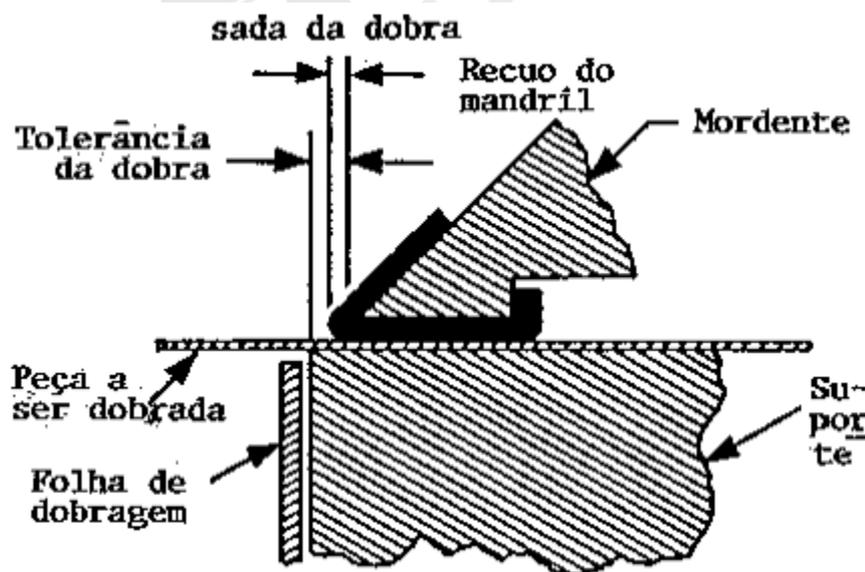
Parte Chata. A parte chata de uma peça é a porção não incluída na dobra. Ela é igual à medida da base menos o recuo.

Medida Base. Dimensões externas de uma peça moldada. A medida base será dada no desenho ou diagrama, ou pode ser obtida a partir da peça original.

Ângulo Fechado. Ângulo menor que 90° quando medido entre as almas, ou maior que 90° quando a quantidade da dobra é medida.

Ângulo Aberto. Ângulo maior que 90° quando medido entre as almas, ou menor que 90° quando a quantidade da dobra é medida.

Nº "K". Um dos 179 números na tabela "K" correspondente a um dos ângulos entre 0 e 180° , no qual o metal pode ser dobrado. Sempre que um metal tenha que ser dobrado em qualquer ângulo diferente de 90° ($K = 1$), o nº K correspondente será encontrado na tabela, e multiplicado pela soma do raio e da espessura do metal. O produto corresponde à quantidade de recuo da dobra.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-26 Recuo-Localização da linha de dobra.

Confecção de Desenhos

É importante fazer um desenho da peça antes de moldá-la, para evitar perdas de material, e para obter um grau maior de precisão na peça final.

Na realização de dobras em ângulo reto, deve-se determinar as tolerâncias corretas para o recuo e a tolerância de dobra.

Se forem usados processos de contração ou estiramento, as tolerâncias devem ser feitas de forma que a peça possa ser realizada com o mínimo de modelagem.

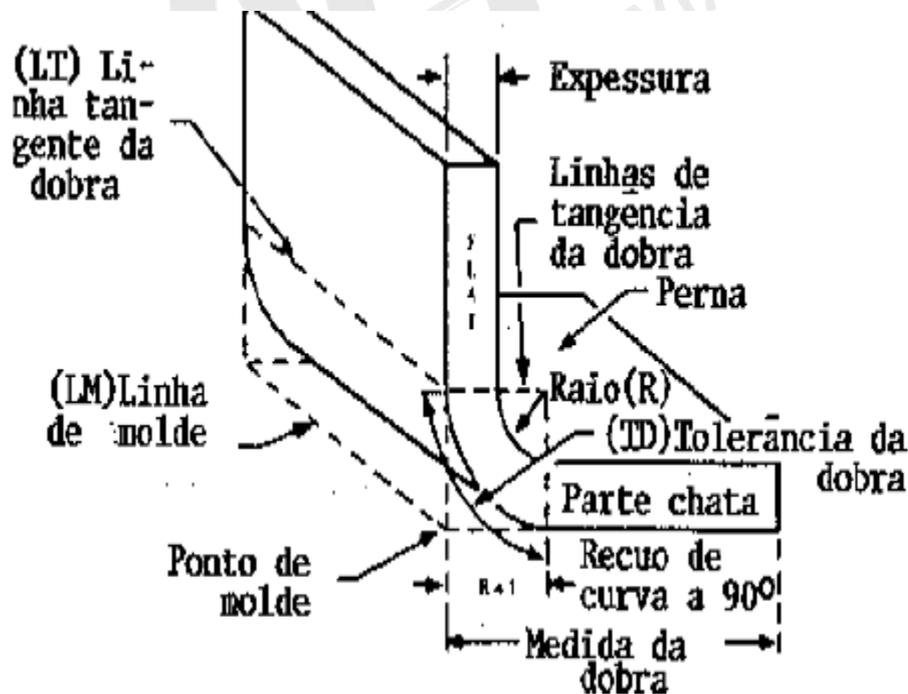
Os procedimentos de desenho podem ser agrupados em três grupos gerais:

- (1) Desenho plano,
- (2) Padrão duplicado, e
- (3) Projeção através de um conjunto de pontos.

Os três processos requerem um bom conhecimento de aritmética e geometria. Este capítulo discutirá somente dois processos, o desenho plano e o padrão duplicado.

Com relação à Tabela de "K", figura 5-27, percebe-se que o valor de K para um ângulo de 90° é igual a 1 E (espessura do metal).

Uma observação futura mostrará que para um ângulo menor que 90° o recuo será menor que 1E, e para um ângulo maior que 90° o recuo será maior que 1E.



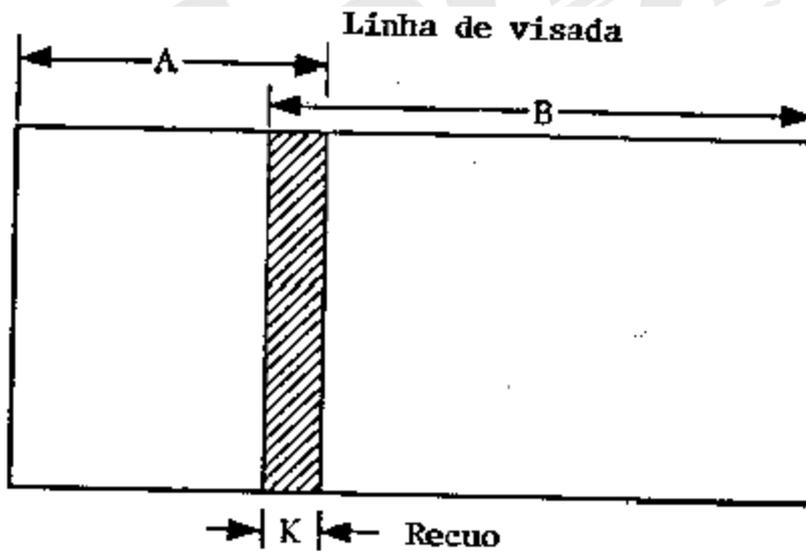
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-27 Termos de tolerância de dobras.

MEDIDAS								
Designação	0.020	0.025	0.032	0.040	0.050	0.063	0.071	0.080
2024-O	1/32	1/16	1/16	1/16	1/16	3/32	1/8	1/8
2024-T4	1/16	1/16	3/32	3/32	1/8	5/32	7/32	1/4
5052-O	1/32	1/32	1/16	1/16	1/16	1/16	1/8	1/8
5052-H34	1/32	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32	1/8	1/8
6061-O	1/32	1/32	1/32	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32
6061-T4	1/32	1/32	1/32	1/16	1/16	3/32	5/32	5/32
6061-T6	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32	1/8	3/16	3/16
7075-O	1/16	1/16	1/16	1/16	3/32	3/32	5/32	3/16
7075-W	3/32	1/32	1/8	5/32	3/16	1/4	9/32	5/16
7075-T6	1/8	1/8	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-28 Raio mínimo de dobras para ligas de alumínio.



Calculando o comprimento do exemplo = $A + B$.
 Para determinar o comprimento total, subtraia a dimensão "K" da soma das dimensões $A + B$.

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

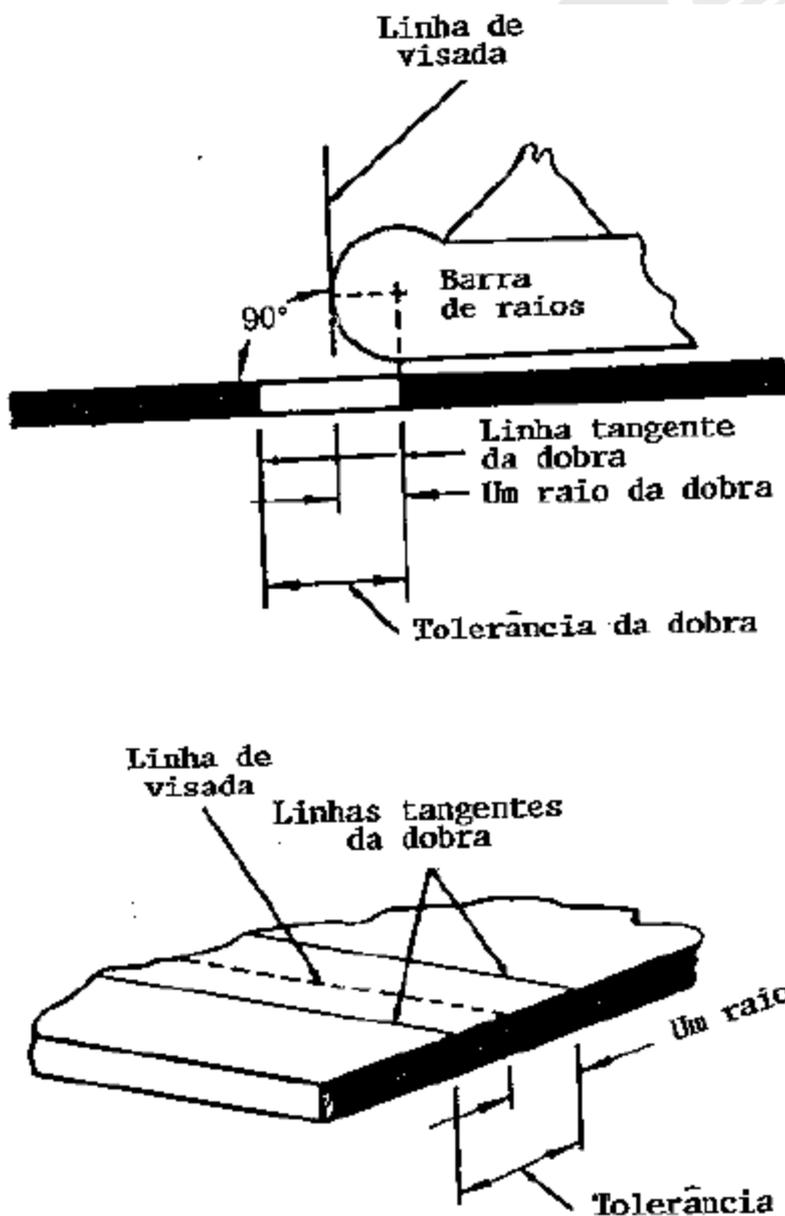
Figura 5-29 Calculando o recuo.

O uso do recuo de 1E em uma dobra menor que 90° (ângulo aberto) resultaria em um flange longe demais. Por outro lado, em um ângulo maior que 90° com menos de 1E de recuo, o flange seria muito curto.

Desenho Plano

Suponhamos que seja necessário desenhar a vista plana de um canal (figura 5-31), no qual o plano lateral esquerdo "A" deve ter 1 polegada de altura, o plano lateral direito "C", 1 1/4 polegada de altura, e a distância entre as superfícies externas dos dois planos B, deve ser de 2 polegadas.

O material tem espessura de 0,051 polegada e o raio da dobra deve ser de 3/16 da polegada (0,188). Os ângulos devem ser de 90°. Proceda como a seguir:



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-30 Linha de visada.

1) Determine o recuo para acertar a distância entre os planos.

a) O recuo para a primeira dobra:

$$\begin{aligned}\text{Recuo} &= R + E \\ &= 0,188 + 0,051 \\ &= 0,239 \text{ pol}\end{aligned}$$

b) O primeiro plano A é igual ao tamanho total menos o recuo:

$$\begin{aligned}\text{Plano A} &= 1,000 - 0,239 \\ &= 0,761 \text{ pol}\end{aligned}$$

2) Calcule a tolerância das dobras para a primeira dobra, usando a tabela de tolerância (figura 5-24). (TD = 0,3307 ou 0,331)

3) Agora projete o segundo plano B. Ele é igual à dimensão total menos o recuo em cada extremidade, ou B menos dois recuos: (ver figura 5-31)

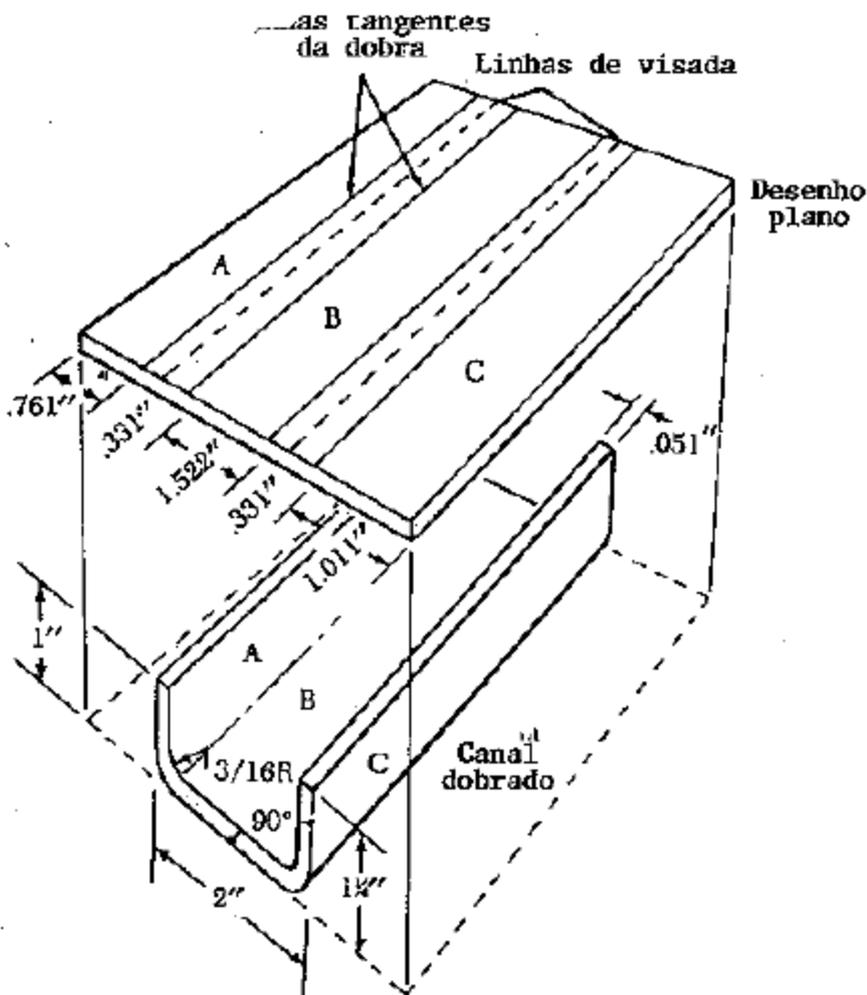
$$\begin{aligned}\text{Plano B} &= 2,000 - (0,239 + 0,239) \\ &= 2,000 - 0,478 \\ &= 1,522 \text{ pol}\end{aligned}$$

4) A tolerância de dobra para a segunda dobra é a mesma que para a primeira (0,331). Marque essa distância (ver figura 5-31).

5) O terceiro plano C é igual à dimensão total menos o recuo. (Ver figura 5-31.)

$$\begin{aligned}\text{Plano C} &= 1,250 - 0,239 \\ &= 1,011 \text{ pol}\end{aligned}$$

6) Adicionando as medidas dos planos A, B e C, e as tolerâncias (0,761 + 0,331 + 1,522 + 0,331 + 1,011), a soma é 3,956, ou aproximadamente 4,00 polegadas. Totalizando os três planos A, B e C, 1 pol, 2 pol, e 1 1/4 pol respectivamente, a soma é 4,250 polegadas de comprimento de material.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-31 Desenho plano de um canal.

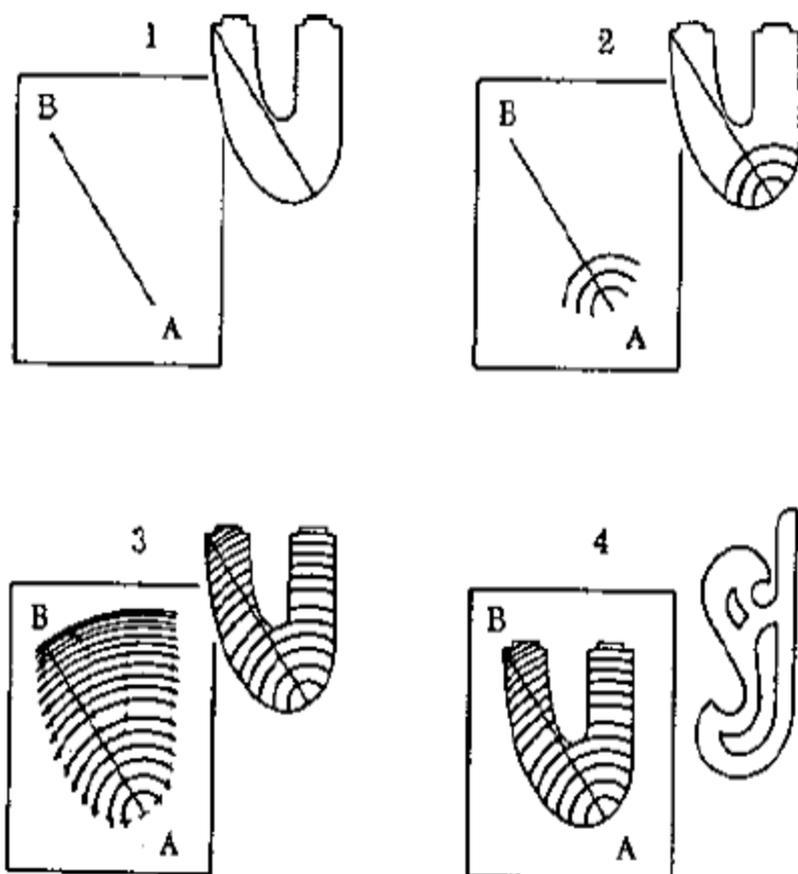
Este exemplo ilustra como o recuo e a tolerância de dobra afetam o comprimento do material na modelagem de dobras em linha reta. Neste caso, a redução é de aproximadamente 1/4 de polegada.

Depois de todos os cálculos, corte o material e marque as linhas de visada como mostrado na figura 5-31.

Padrão Duplicado

Quando for necessário duplicarmos uma peça de aeronave e não possuímos seu desenho, tomamos as medidas diretamente do original ou de uma duplicata. Durante este estudo recorreremos às ilustrações da figura 5-32.

Uma linha de referência (DATUM) é desenhada, AB, na peça amostra, e uma linha correspondente no material a ser cortado (exemplo 1, figura 5-32).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-32 Duplicando um padrão.

A seguir, tomando o ponto A na peça referência como centro, desenhamos um arco com um raio de aproximadamente 1/2 polegada se estendendo até os flanges (exemplo 2, figura 5-32).

Desenhamos arcos semelhantes, cada um com raio 1/2 pol maior que o anterior até que toda a peça esteja marcada. No caso de haver uma curva extremamente aguda no objeto, diminuimos a distância entre os arcos para aumentar o número deles.

Esse procedimento aumentará a precisão do desenho. Um arco deve passar por cada uma das pontas da peça. Um arco pode passar através de mais de uma ponta (exemplo 3, figura 5-32).

Localizamos o ponto coordenado no desenho, medindo a peça através de um compasso. Medimos sempre a distância do ponto de referência até o início da linha da dobra, no flange da peça.

Após a localização de todos os pontos, desenhamos uma linha que passe por eles, usando uma curva francesa para assegurar um traçado suave (exemplo 4, figura 5-32).

Deixamos uma margem para modelar o flange e localizamos a linha de tangência de dobra interna, medindo dentro da linha de visada, uma distância igual ao raio de dobra da peça. Utilizando a intercessão das linhas como centro, localizamos os furos de alívio necessários. Depois cortamos e modelamos como necessário.

Furos de Alívio

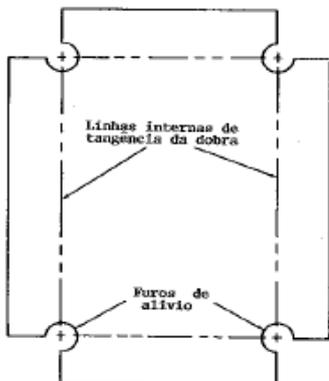
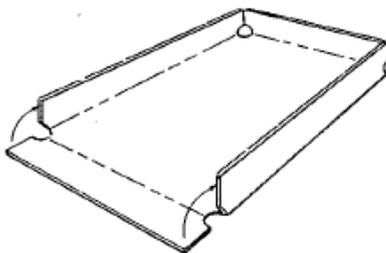
Toda vez que houver uma intercessão de dobras, devemos remover material desse ponto para darmos espaço ao material contido nos flanges. Por isso, fura-se as intercessões. Esses furos, chamados de alívio, evitam a formação de pontos de fadiga nas intercessões das linhas internas de tangência de dobra, o que faria com que o metal rachasse.

Os furos de alívio geram arestas mais bem aparadas.

O tamanho dos furos de alívio varia de acordo com a espessura da chapa. Eles não devem ser menores que 1/8 de polegada em diâmetro, para chapas de alumínio até 0,064 de polegada de espessura, ou 3/16 de polegada para chapas que vão de 0,072 polegada a 0,128 da polegada de espessura.

O método mais comum de se determinar o tamanho dos furos de alívio é usar o raio de dobra, desde que ele não seja menor que a medida mínima (1/8 de polegada).

Os furos de alívio devem tocar a intercessão das linhas internas de tangência de dobra.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-33 Localização dos furos de alívio.

Para nos prevenirmos quanto a um possível erro de dobragem, fazemos os furos de alívio, de forma que se estendam de 1/32 a 1/16 de polegada atrás das linhas internas de tangência de dobra.

Uma boa prática é utilizar os pontos de intercessão dessas linhas como centro para os furos (figura 5-33). A linha no interior da curva é cortada em ângulo, em direção aos furos de alívio, para permitir um possível alongamento no flange interno.

Furos para Redução de Peso

São furos feitos em nervuras, cavernas e outras partes estruturais, com o intuito de reduzir o peso. Para evitar o enfraquecimento de um membro devido à remoção de material, são geralmente feitos flanges ao redor dos furos para fortalecer a área da qual o material foi removido.

Os furos para redução de peso nunca devem ser feitos em qualquer parte estrutural, a menos que autorizado.

O tamanho do furo e a largura do flange moldado ao redor do furo são determinados através de especificações de desenho.

Nessas especificações são consideradas margens de segurança, de forma que o peso da peça possa ser reduzido, e ela ainda mantenha a resistência necessária.

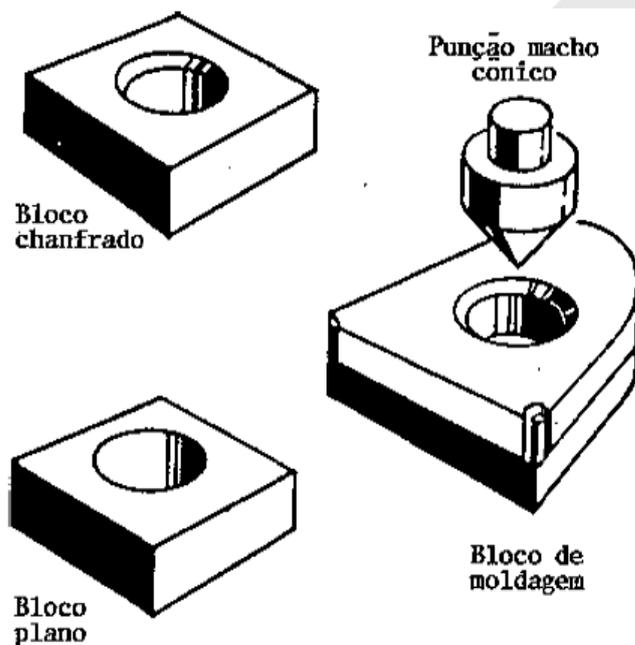
Esses furos podem ser cortados por um dos métodos a seguir:

- 1) Puncionando-se, caso haja um punção com o tamanho adequado;
- 2) Cortando-se com um cortador adaptado a uma furadeira;
- 3) Riscando-se a circunferência com um compasso, e furando toda a circunferência com uma pequena broca, deixando uma folga suficiente para aparar com uma lima;
- 4) Riscando-se a circunferência do furo com um compasso, fazendo-se um furo no interior da circunferência, grande o bastante para permitir um corte com tesoura para chapas de metal, e depois aparando com uma lima.

Modelamos o flange usando um punção para modelagem, ou blocos de modelagem de metal ou de matéria dura. Os punções de flangeamento consistem de duas partes que se encaixam, um punção macho e um fêmea. Para flangear metal macio, os punções podem ser de madeira dura, tal como a borda. Para metais duros ou para um uso permanente eles devem ser feitos de aço. A peça guia deve ser da mesma largura e ângulo do flange desejado.

Durante o flangeamento de furos para redução de peso, posicionamos a chapa entre as peças de flangear e batemos a peça superior com um martelo ou, então comprimimos as peças com uma morsa ou uma prensa. Os punções trabalharão de forma mais suave se forem revestidos com um óleo fino para máquina.

Notamos que nos dois blocos de moldagem mostrados no lado esquerdo da figura 5-34, o furo no bloco superior é do mesmo tamanho do furo a ser flangeado, e é chanfrado na largura do flange e no ângulo desejados, enquanto no bloco inferior, o furo tem a mesma largura do flange. Ambos podem ser usados.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-34 Blocos de moldagem.

Quando o bloco superior é usado, centralizamos o material a ser flangeado e batemos com um macete em toda a volta do bloco, até que o flange se conforme ao chanfro.

Quando a inferior é usado, centralizamos o furo sobre o bloco e depois alongamos as bordas, batendo o material sobre o furo, circularmente, até obter o flange desejado.

Ocasionalmente, o chanfro é realizado com um macho em forma de cone, em conjunto com o bloco de moldagem.

2.4 MOLDAGEM A MÃO

Toda a moldagem envolve os processos de contração e alongamento, e a moldagem a mão não poderia ser exceção. Quando se precisa moldar ou extrudar um ângulo, alongamos um dos lados e contraímos o outro, de forma que a peça se encaixe. Golpeando-o, o material é alongado, e entalhando-o ele é alongado entre os encaixes. O material nas bordas dos furos de redução de peso, é geralmente alongado para formar um chanfro em forma de crista ao seu redor.

Dobras em Linha Reta

A viradeira e o dobrador de barra são geralmente utilizados para fazer dobras em linha reta. Sempre que essas máquinas não estiverem disponíveis, seções comparativamente menores podem ser dobradas manualmente com o auxílio de blocos de madeira ou metálicos, usando-os como explicado a seguir.

Depois de riscar e cortar um pedaço de metal, o prendemos rigidamente ao longo da linha de dobra, entre dois blocos de madeira, em uma morsa. O bloco de moldagem de madeira deverá ter uma extremidade arredondada de acordo com o raio de dobragem desejado. Ele também deve ser ligeiramente curvado, além do ponto de 90° para compensar o retorno (springback).

Começamos batendo de leve com um macete de borracha ou plástico, até que o metal atinja o ângulo desejado. Iniciamos em uma extremidade, vamos até a outra, e voltamos ao longo da borda para fazer uma dobra gradual e uniforme.

Continuamos este processo até que o metal seja forçado no ângulo desejado, contra o bloco molde. O retorno (springback) é compensado, dobrando o metal ligeiramente além do ângulo previsto. Caso uma grande quantidade de metal se estenda além dos blocos de moldagem, fazemos pressão com a mão sobre a chapa para evitar sua oscilação.

Quaisquer irregularidades são removidas apoiando a dobra sobre a quina de um bloco de madeira dura, e golpeando toda a dobra com um macete ou martelo. No caso, a quantidade de material que se estende além da dobra ser pequena, fazemos toda a dobra com um bloco de madeira dura e um martelo.

Ângulos Moldados ou Extrudados

Tanto os ângulos moldados como os extrudados podem ser curvados, alongando-se ou encolhendo-se um dos flanges. Usa-se preferencialmente o alongamento, por precisarmos apenas de um bloco "V" e um macete, e é bem mais fácil.

No processo de alongamento, posicionamos o flange a ser alongado sobre a ranhura do bloco V.

Usando um macete, batemos diretamente sobre a parte apoiada no V, com pancadas leves e constantes, forçando o metal para dentro. Uma pancada muito forte irá flambar a tira em ângulo. Movemos a tira em ângulo ao longo do bloco em V e batemos somente sobre ele. Moldamos a curva gradual, e uniformemente movemos a tira para a frente e para trás, distribuindo as pancadas do martelo em intervalos uniformes sobre o flange.

Num tamanho real, um molde preciso é desenhado em papel ou compensado, e periodicamente usado para verificar a precisão da curvatura.

Comparando o flange com o molde, determinaremos exatamente como a curva está progredindo, e onde ela deve ser aumentada ou diminuída. É preferível fazer com que a curva fique moldada no formato desejado antes de tentarmos finalizar qualquer parte, porque a finalização ou alisamento do ângulo poderá causar uma mudança na forma da curva. Se qualquer parte da curva dobrar demais, a reduzimos virando a peça ao contrário, e batendo na parte mais alta com suaves pancadas de macete.

Tentamos formar a curva com o menor número de pancadas possíveis, visto que um excesso de marteladas irá endurecer o metal. Esse endurecimento pode ser reconhecido por uma falta de resposta ao curvamento ou por um comportamento semelhante ao de uma mola. Em alguns casos, a peça terá que ser recozida durante a operação de curvamento. Se isso ocorrer, refazemos o tratamento térmico da peça antes de instalá-la na aeronave.

O curvamento de uma peça em ângulo, moldada ou extrudada através de contração, pode ser realizado através de dois métodos, através do bloco "V" ou do bloco de contração.

Dos dois, o método do bloco "V" é em geral mais satisfatório por ser mais rápido e mais fácil, e por afetar menos o metal.

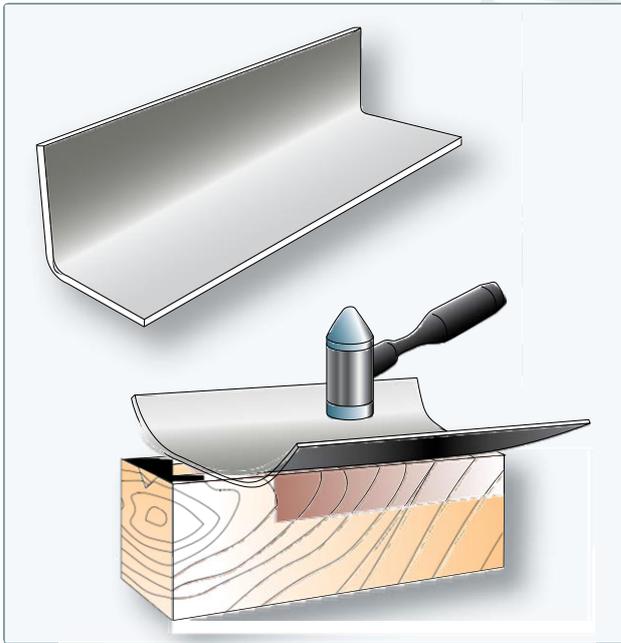
Contudo, pode-se obter resultados muito bons com o bloco de contração.

No método do bloco "V", posicionamos um dos flanges da tira em ângulo sobre o bloco "V" com o outro flange virado para cima, como mostrado na figura 5-35.

Seguramos firmemente, de forma que não balance durante as marteladas, e então batemos na borda do flange superior, com pancadas suaves, usando um macete com cabeça macia e arredondada.

Em uma das extremidades da tira, batemos suavemente para a frente e para trás, sobre a ranhura em "V" do bloco.

Batemos a borda do flange em um ângulo suave, à medida que ele vai dobrando para fora.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-35 Bloco em "V".

Ocasionalmente checamos a curva quanto ao padrão. Se for feita uma curva muito fechada, o ângulo (seção transversal do ângulo moldado) fechará ligeiramente.

Para evitar essa redução do ângulo, prendemos a peça a um bloco de madeira dura com o flange martelado faceado para cima, usando pequenos grampos em "C".

Os mordentes dos grampos "C" devem ser cobertos com uma fita protetora. Se o ângulo já tiver fechado, o devolvemos à condição normal com pequenas pancadas de macete, ou com o auxílio de um pequeno bloco de madeira dura.

Se qualquer parte da peça curvar-se demais, a reduzimos e colocamos ao contrário sobre um bloco "V", martelando com um macete adequado. Após obter a curvatura correta, suavizamos todo o ângulo, batendo com um macete de cabeça macia.

Caso a curva do ângulo moldado deva ser aguda, ou se os flanges do ângulo forem largos, o método do bloco de contração deverá ser usado. Neste processo o flange que formará a parte interna da curva é amolgado.

Durante o amolgamento, seguramos o alicate de amolgas, de forma que os mordentes fiquem afastados aproximadamente 1/8 pol. Girando o seu punho para trás e para a frente fazemos com que o mordente superior do alicate contate o flange, primeiro em um lado e depois, no outro lado, do mordente inferior.

Completamos o amolgamento, trabalhando em um calombo do flange, aumentando gradualmente o movimento de torção do alicate. Não devemos fazer calombos muito largos, pois isso dificultaria o trabalho. O tamanho do calombo dependerá da espessura e da maciez do material, mas geralmente 1/4 polegada é suficiente.

Ponha vários calombos espaçados colocados uniformemente ao longo da curva desejada, com espaço suficiente entre cada um de forma que os mordentes do bloco de enrugamento possam facilmente ser encaixados.

Após terminarmos o encrespamento, posicionamos o flange enrugado no bloco de contração, de forma que um calombo de cada vez seja localizado entre os mordentes. Cada calombo é amassado com suaves batidas de um macete com cabeça macia, começando no ápice do calombo e trabalhando gradualmente em direção à borda do flange.

Periodicamente checamos o ângulo em relação ao padrão durante o processo de moldagem, e depois que todos os calombos forem aplainados. Caso seja necessário aumentar a curva, aumentamos o número de calombos e repetimos o processo.

Os calombos adicionais são feitos entre os originais, de forma que o metal não endureça em nenhum ponto.

Se a curva precisar ser aumentada ou ligeiramente diminuída em qualquer ponto, usamos o bloco "V".

Após obter a curvatura desejada, aplane a tira em ângulo sobre um remanchador ou uma forma de madeira.

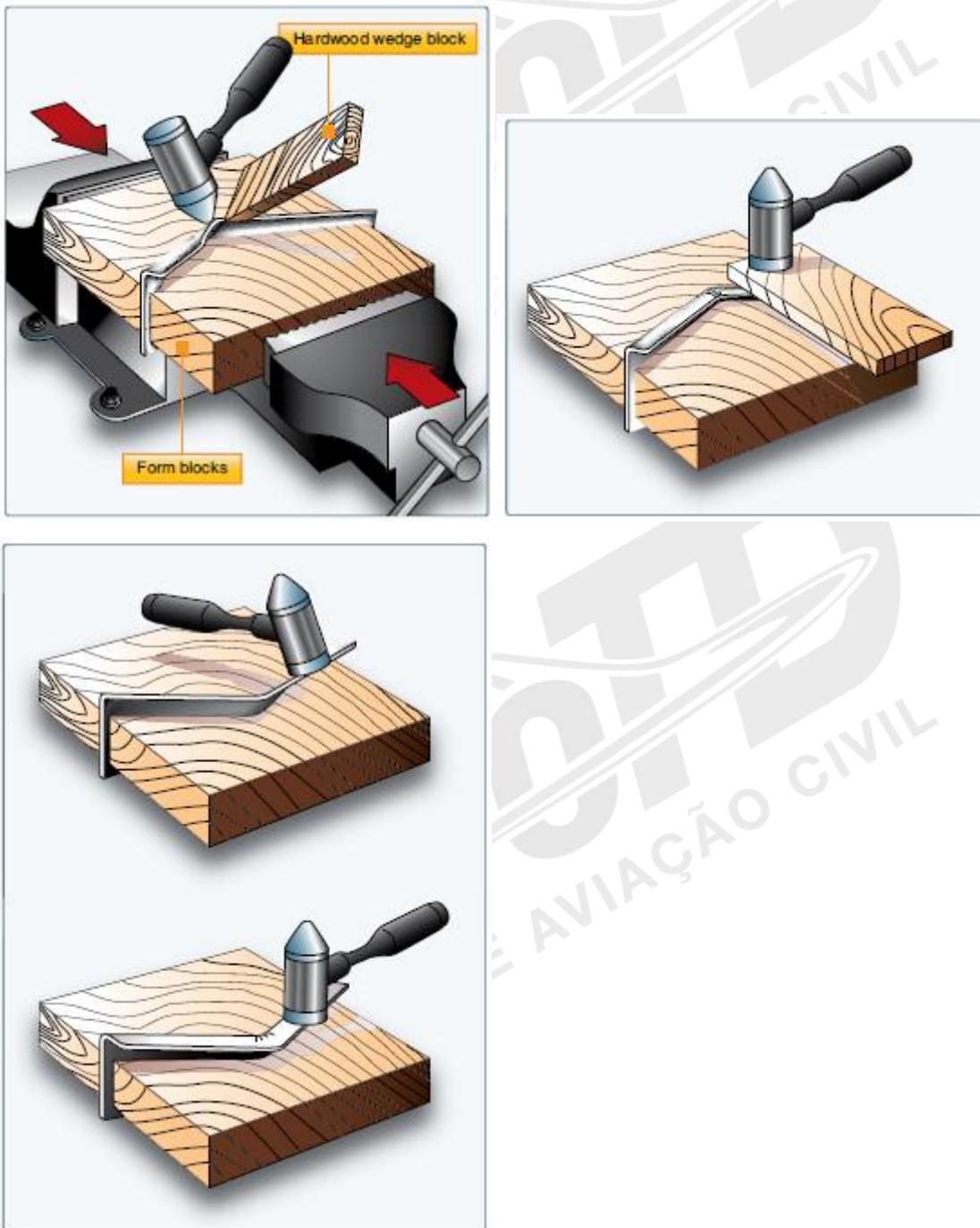
Ângulos Flangeados

O processo de moldagem para os próximos dois ângulos flangeados é ligeiramente mais complicado que o discutido, em que a dobra era mais curta e necessitava da contração e do alongamento de áreas pequenas ou concentradas.

Se o flange for virado em direção à parte interna da dobra, o material deve ser contraído. Se for para a parte exterior, ele deve ser alongado.

Na moldagem de um ângulo flangeado por contração, usamos blocos de moldagem de madeira, semelhantes aos mostrados na figura 5-36, e procedemos como a seguir:

(1) Corte o metal no tamanho, deixando margem para os ajustes depois da moldagem. Determine a tolerância de dobra para uma dobra de 90° e arredonde a borda do bloco de moldagem de acordo.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-36 Moldando um ângulo flangeado.

(2) Prenda o material nos blocos de moldagem como mostrado na figura 5-36, e dobre o flange exposto contra o bloco. Após a dobragem, bata os blocos ligeiramente. Isso fará com que a dobragem assente.

(3) Usando um macete para contração com cabeça macia, comece a bater próximo ao centro e vá batendo 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 um grande, vá batendo suavemente e comprimindo gradualmente o material de cada empeno. O uso de um bloco de madeira dura, como mostrado na figura 5-36, ajudará a remover os empenamentos.

(4) Aplaine o flange depois que ele for achatado contra o bloco de moldagem e remova pequenas irregularidades. Caso os blocos de moldagem sejam feitos de madeira dura, use um martelo metálico. Caso as fôrmas sejam de metal, use um macete macio. Apare as rebarbas, lime e dê o polimento.

Moldagem por Alongamento

Para moldar um flange em ângulo por alongamento, utilizamos os mesmos blocos de moldagem, o bloco de calço de madeira e o macete que foi usado no processo de contração. Proceda como a seguir:

(1) Corte o material no tamanho (dando margem para retoques), calcule a tolerância de dobra para um ângulo de 90° e arredonde a borda do bloco para encaixar no raio de dobragem desejado;

(2) Prenda o material nos blocos de moldagem como mostrado na figura 5-36;

(3) Usando um macete macio, comece a bater próximo às extremidades, e vá trabalhando o flange suavemente e gradualmente para evitar rachaduras. Aplaine o flange como descrito no procedimento anterior, apare as bordas e lime, se necessário.

Peças Flangeadas Curvas

Essas peças são geralmente manufaturadas. Dos tipos mostrados na figura 5-37, e que tem furos de alívio, é provavelmente o mais fácil de moldar. Ela possui um flange côncavo (o flange interno) e um flange convexo (o flange externo).

O flange côncavo é modelado por alongamento, e o convexo por contração. Tais peças podem ser moldadas com o auxílio de blocos de moldagem de madeira dura ou metal.

Esses blocos são feitos em pares semelhantes aos usados para ângulos retos, e são identificados da mesma maneira.

Eles diferem no fato de serem fabricados especificamente para a peça em questão a ser moldada, mas se encaixam perfeitamente e possuem as mesmas dimensões e contornos da peça final.

As peças de encaixe podem ser equipadas com pinos de alinhamento, para ajustar os blocos e manter o metal no lugar. Os blocos podem ser mantidos no lugar por um grampo "C" ou uma morsa. Eles também podem ser presos por parafusos, furando-se através das formas e do metal, desde que os furos não afetem a resistência da peça final.

As bordas do molde são arredondadas para dar o raio correto de dobragem à peça, e são mais desbastadas para evitar o retorno do metal (springback). Esse desbaste é especialmente necessário se o metal for duro, ou se a dobragem tiver que ser muito precisa.

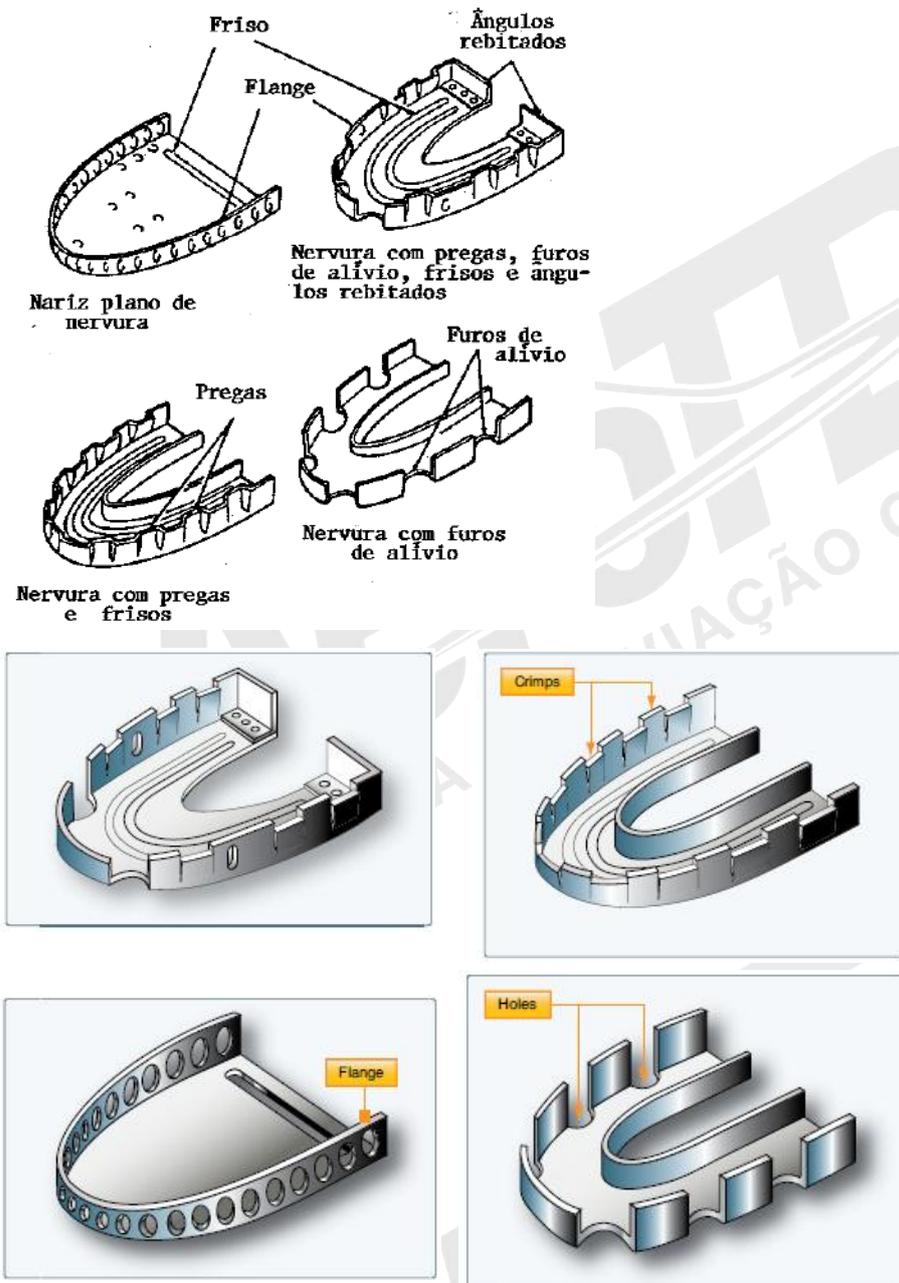
Observamos os diversos tipos de fôrmas representadas na figura 5-37. Na nervura de aba plana usamos apenas um flange convexo, porém, devido à grande distância ao redor da peça e à possibilidade de empenamento, ela é um pouco mais difícil de moldar.

O flange e a parte com rebordos dão resistência suficiente para fazer desse tipo de nervura um dos melhores.

No tipo com furos de alívio, o flange côncavo dificulta a moldagem. Contudo, o flange externo é partido em seções menores por furos de alívio (entalhes inseridos para evitar deformações em uma dobra).

No tipo com frisos e rebordos, notamos que os frisos são inseridos a intervalos idênticos. Os frisos são feitos para absorver material e causar a curvatura e também aumentar a resistência da peça.

Na outra nervura de bordo de ataque ilustrada, notamos que foi aplicada uma combinação de quatro métodos comuns de moldagem: o amolgamento, o enrugamento, a aplicação de furos de alívio e a utilização de um ângulo moldado, rebitado em cada extremidade.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional/

Fonte: FAA - Mechanic Training Handbook-Airframe

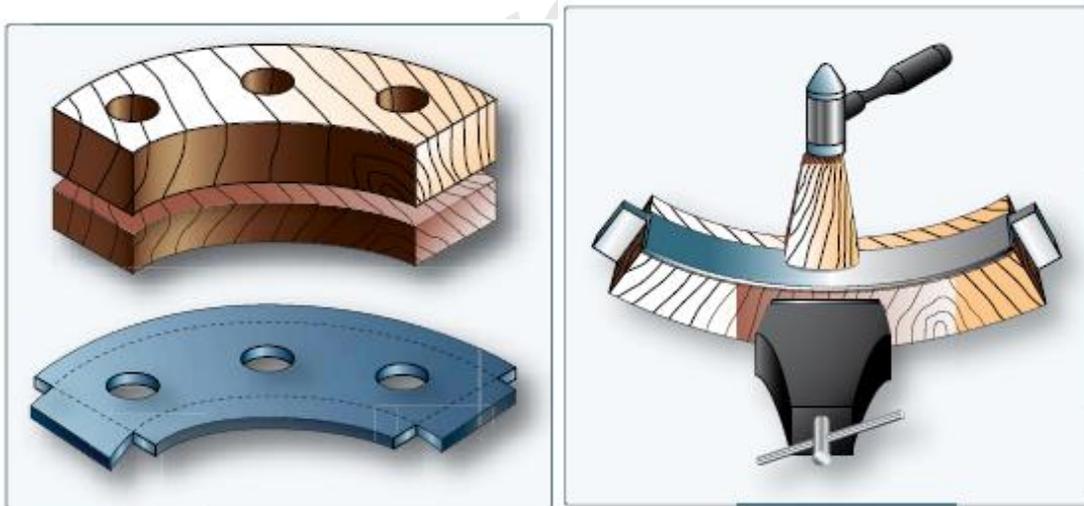
Figura 5-37 Nariz de nervura.

As rugas ou rebordos, e os ângulos, dão rigidez à peça.

Os passos principais na moldagem de um flange curvo, são explicados a seguir:

- Corte o material no tamanho (deixando espaço para aparar). Localize e faça os furos para os pinos de alinhamento, e remova todas as rebarbas (bordas dentadas);
- Ponha o metal entre os blocos de madeira. Prenda os blocos firmemente em uma morsa, de forma que o metal não se mova;

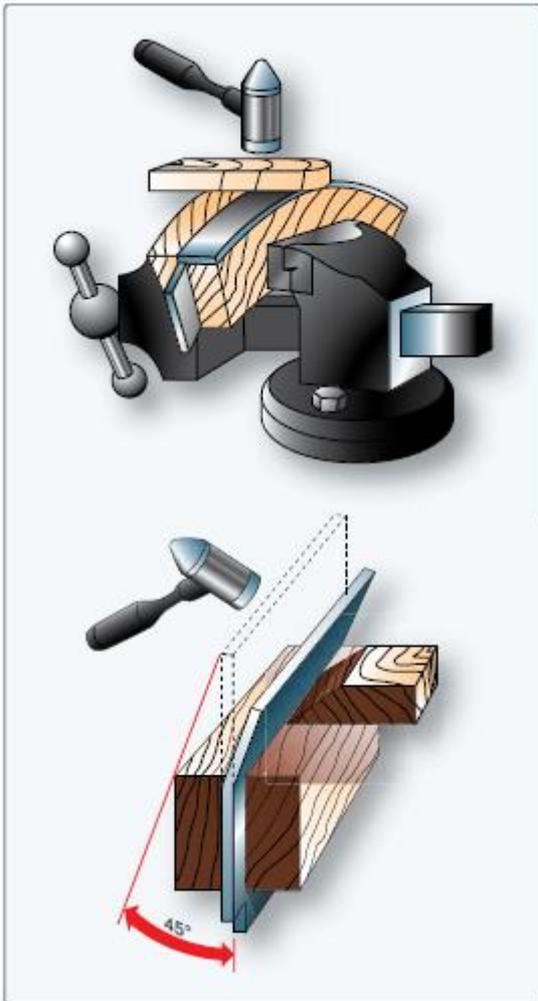
- Prenda o metal tão próximo quanto possível da área a ser martelada, para evitar a deformação dos blocos de moldagem e para evitar que o metal deslize (figura 5-38);
- Dobre o flange na parte côncava. Isso evitará que o metal se parta ou rache quando for alongado. (Caso isso ocorra, uma nova peça deverá ser feita);
- Usando um macete macio ou um bloco em cunha de madeira, comece martelando em um ponto próximo ao início da dobra côncava e continue em direção ao centro da dobra. (Esse procedimento permite que algum metal excedente ao longo do flange seja trabalhado na curva, onde ele será necessário);



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-38 Modelando uma curva côncava.

- Continue martelando até que o metal seja gradualmente dobrado em todo o flange, nivelado com a fôrma;
- Começando no centro da curva e martelando em direção às extremidades, martele o flange convexo em direção à fôrma (figura 5-39). Bata o metal em ângulo de aproximadamente 30° em relação à perpendicular e em um movimento que possa separar a peça do bloco;



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-39 Moldando uma curva convexa.

- Alongue o metal ao redor do raio da dobra e remova os empenamentos gradualmente, batendo sobre um bloco de calço;
- Enquanto estiver batendo o metal sobre a fôrma, mantenha as bordas do flange tão perpendiculares ao bloco quanto possível. O bloco de calço ajuda a manter a borda do metal perpendicular ao bloco, reduz a possibilidade de empenamentos, quebra, ou rachamento do metal, e ajuda a remover o empenamento;
- Finalmente, apare os flanges quanto a excessos de metal. Aplaine, remova as rebarbas, arredonde as arestas (se houver), e cheque quanto à exatidão das medidas.

Golpeamento

O golpeamento sobre um bloco de moldagem ou um punção, e o golpeamento sobre um saco de areia, são os dois tipos mais comuns praticados. Em ambos os métodos, somente uma fôrma é requerida, um bloco de madeira, matriz de chumbo ou saco de areia. Um bom exemplo de uma peça feita através de bloco ou matriz é o "blister" ou cobertura aerodinâmica. Os filetes da asa constituem um bom exemplo de partes que são geralmente feitas por golpeamento sobre um saco de areia.

A matriz de chumbo, ou o bloco de madeira, desenhados para golpeamento devem possuir as mesmas dimensões e contornos da parte externa do "blister". Para dar maior peso ao golpeamento, e gerar bastante superfície de apoio para fixar o metal, o bloco ou matriz deverá ser pelo menos 1 polegada maior em todas as dimensões.

Na moldagem do bloco de madeira, escavamos com serras, formões, goivas, limas e raspadores.

O acabamento é dado com lixas. O interior da forma é feito tão liso quanto possível, porque qualquer irregularidade, por menor que seja, aparecerá na peça acabada.

Preparemos diversos gabaritos (padrões da seção cruzada), tais como os mostrados junto com o bloco de moldagem para o "blister", na figura 5-40, de maneira que a fôrma possa ser checada quanto à sua precisão.

Moldamos o contorno da fôrma nos pontos 2, 3 e 4.

Moldamos as áreas entre os pontos de checagem dos gabaritos para ficarem de acordo com o contorno remanescente e o gabarito 4.

A moldagem da fôrma requer um cuidado particular, porque quanto mais precisa ela for menos tempo levaremos para produzir uma peça com acabamento liso.

A fixação correta do metal à fôrma é uma parte importante da operação de moldagem. Há muitos métodos. Para peças como o "blister", um dos melhores meios de fixação do metal é a utilização de uma moldura metálica ou uma placa de fixação em aço, como mostrado na figura 5-40.

Neste processo, colocamos a placa de fixação diretamente sobre o metal a ser moldado, e a prendemos na posição com parafusos ou grampos "C".

Apertamos os grampos "C" ou parafusos o bastante para manter o material faceado com a fôrma, porém, sem evitar que o metal se desloque para dentro da fôrma.

Se o metal não ficar bem faceado com a superfície da fôrma, ele dobrará ou empenará. Se ele não puder deslizar para dentro da fôrma, na parte mais funda da fôrma, o metal ficará muito fino.

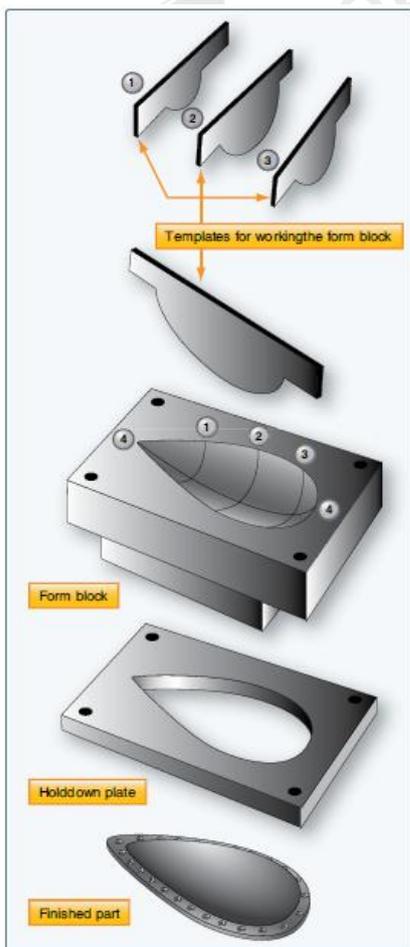
As placas de fixação devem ser feitas de aço pesado, com 1/8 de polegada para fôrmas pequenas e 1/4 de polegada ou maior para grandes fôrmas.

Caso não haja material para confeccionar a placa de metal, usamos uma moldura de madeira. A moldura é feita e usada do mesmo jeito que a placa de aço, e nos certificamos que o metal esteja bem fixado.

Podemos usar grampos caso não tivermos uma placa de aço ou uma moldura, de forma que fiquem alinhados com as bordas da fôrma. Se eles não estiverem bem alinhados, o metal irá amassar.

Depois de preparar e checar a fôrma, iniciamos o processo de golpeamento de acordo com os seguintes passos gerais:

- (1) Corte uma chapa de metal com 1/2 a 1 polegada a mais que o desenho da peça;
- (2) Aplique uma fina camada de óleo fino à fôrma e ao alumínio para evitar o roçamento;



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-40 Forma e gabaritos.

- (3) Prenda o metal entre a fôrma e a placa de aço, como descrito anteriormente, de maneira que fique bem firme, e possa deslizar um pouco para dentro da forma;
- (4) Prenda a fôrma em uma morsa. Com um macete de cabeça macia ou com um bloco de madeira dura e um macete adequado, comece a bater próximo às bordas da fôrma;
- (5) Com suaves pancadas do macete vá trabalhando o metal gradualmente a partir das bordas. Lembre-se que o objetivo do processo é moldar o metal, alongando-o, ao invés de forçá-lo na fôrma com fortes pancadas. Sempre comece a bater próximo às bordas da fôrma, nunca comece no meio;
- (6) Alise a peça o máximo possível antes de removê-la da fôrma. Isso pode ser feito esfregando-se a peça com um bloco de bordo com ponta arredondada, ou com a ponta arredondada de um macete.
- (7) Remova o "blister" do bloco de golpeamento e apare-o, deixando um flange de 1/2 polegada;
- (8) Finalmente, faça os furos para os rebites, chanfre com as bordas em 45°, limpe e dê polimento na peça.

O golpeamento sobre um saco de areia é um dos processos de moldagem manual mais difíceis, porque não há um molde que sirva como guia.

Neste tipo de operação de moldagem, faz-se uma depressão no saco de areia para tomar a forma da porção martelada do metal. A depressão tem a tendência de se afastar das marteladas. Isso faz com que seja necessário um reajuste de tempos em tempos durante o golpeamento.

O grau de alteração depende muito do contorno ou da forma da peça a ser moldada, e das marteladas que serão dadas para alongar, dirigir ou encolher o metal.

Na moldagem através deste processo, preparamos um gabarito para os contornos, ou algum tipo de padrão para servir como um guia e para assegurar a precisão da peça terminada. O gabarito é feito em papel "kraft" ou similar, e dobrado sobre a peça a ser duplicada.

Cortamos o papel nos pontos onde ele deva ser alongado para encaixar-se, e prendemos pedaços adicionais de papel com fita para cobertura, para cobrir as partes expostas.

Depois de cobrir completamente a peça, recortamos o padrão no tamanho exato.

O papel é aberto e estendido sobre o metal no qual a peça será feita. Apesar do padrão não ficar plano, ele dará uma ideia bem exata do tamanho aproximado do metal a ser cortado, e as partes cortadas indicarão onde o metal deverá ser alongado.

Com o padrão sobre o material, riscamos com um lápis, adicionamos pelo menos 1 polegada de metal ao redor de toda a peça durante o corte. O excesso de metal é aparado depois que moldamos a peça.

Caso a peça a ser moldada seja radialmente simétrica, será bem mais fácil, pois um simples gabarito de contorno servirá como guia no trabalho.

Contudo, o procedimento para golpear partes de chapa de metal sobre um saco de areia segue certas regras básicas que podem ser aplicadas a qualquer peça, não importando seu contorno ou forma.

- (1) Desenhe e corte o gabarito do contorno. Ele pode ser feito de chapa de metal, papelão ou compensado fino;
- (2) Determine a quantidade de metal necessária, desenhe, e corte no tamanho, deixando uma margem de pelo menos 1/2 polegada;
- (3) Ponha o saco de areia sobre uma base firme, capaz de suportar as marteladas, e com a ajuda de um macete de cabeça macia, faça uma cova no saco de areia. Analise a peça para determinar o raio correto da cova para a operação de moldagem. A cova mudará devido às marteladas, e deverá ser reajustada periodicamente;
- (4) Escolha um macete macio de cabeça arredondada ou em forma de sino, tendo um contorno um pouco menor que o contorno desejado. Segurando uma borda do metal na mão esquerda, coloque a parte a ser martelada próxima à borda da cova no saco de areia;
- (5) Continue martelando em direção ao centro, girando o metal e trabalhando gradualmente até que o formato desejado seja obtido. Molde toda a peça como uma unidade;
- (6) A intervalos frequentes, durante o martelamento, cheque a peça quanto à sua precisão, aplicando o gabarito. Se formarem-se rugas, elimine-as antes que elas aumentem;
- (7) Finalmente, com uma bigorna adequada e com um martelo, ou com um calço e um martelo, remova pequenos amolgamentos e marcas de martelo;
- (8) Com um riscador, marque ao redor do exterior do objeto. Apare as bordas e lime até ficar liso.

Embutimento

Um embutimento é uma saliência formada em uma tira metálica, em ângulo para permitir uma folga para uma chapa ou uma extrusão. São geralmente encontrados na intercessão de vigas e nervuras. Um desses membros, geralmente a nervura, tem seu flange embutido para encaixar-se sobre o flange da viga. O tamanho da saliência é geralmente pequeno, por isso, a profundidade do embutimento é geralmente especificada em milésimos de polegada. A espessura do material a ser embutido governa a profundidade do embutimento. Na determinação do comprimento necessário do embutimento, é comum exceder em 1/16 pol para dar a folga suficiente, para assegurar um encaixe entre a peça embutida ou sobreposta.

Há vários métodos de se fazer um embutimento. Se for em um flange reto ou em uma chapa plana de metal, o fazemos em uma viradeira, inserindo e dobrando ao longo da linha do embutimento.

Seguramos um pedaço de metal na espessura correta para dar o afastamento desejado sob a peça a ser dobrada. Batemos o flange para baixo enquanto ele estiver fixo na viradeira. Quando for necessário fazer um embutimento em um flange curvo, podemos usar blocos de moldagem ou matrizes feitos em madeira dura, aço ou liga de alumínio.

Se a matriz será usada poucas vezes, devemos fazê-la de madeira dura, que é mais fácil de moldar. Caso sejam necessários diversos embutimentos, utilizamos matrizes de aço ou alumínio.

As matrizes de liga de alumínio são as preferidas por serem mais fáceis de fabricar que as de aço, e durarem tanto quanto estas. Essas matrizes são suficientemente macias e elásticas para permitir a moldagem de peças de liga de alumínio sem se danificar, e mossa e arranhões são facilmente removidos de sua superfície.

Na utilização de matrizes para embutimento pela primeira vez, elas são testadas quanto à precisão em um pedaço de metal. Dessa forma é afastada a possibilidade de estragar peças já fabricadas. Mantemos sempre as superfícies dos blocos livres de sujeira e rebarbas, de forma que o trabalho não seja estragado.

Operações com Aço Inoxidável

Na utilização do aço inoxidável, nos asseguramos que o metal não fique com arranhões irregulares ou danificado. Tomamos precauções especiais durante o cisalhamento,

puncionamento ou a furação desse metal. É necessário o dobro da pressão para cisalhar ou puncionar o aço inoxidável e a matriz, ajustados bem próximos. O excesso de folga fará com que o metal exceda as bordas da matriz e endureça, resultando em um esforço excessivo da máquina.

Na furação de aço inoxidável usamos uma broca de alta velocidade retificada em ângulo de 140°.

Algumas brocas especiais possuem um ponto de saliência, enquanto outras possuem um enrolador de cavacos nos canais. Quando utilizamos uma broca comum, esmerilharemos sua ponta para que o ângulo fique bem obtuso. A velocidade da furadeira é mantida na metade necessária para furar aço doce, mas nunca excedendo 750 RPM.

Mantemos uma pressão uniforme em toda a operação. Furamos o material sobre uma placa de apoio, tal como ferro fundido, que é duro o bastante para permitir que a broca fure toda a chapa sem afastá-la do ponto de furação. Posicionamos a furadeira antes de ligá-la, e fazendo pressão sobre o ponto.

Para evitar o superaquecimento, mergulhamos a broca na água depois de fazer cada furo. Quando for necessário fazer vários furos profundos em aço inoxidável, usamos um refrigerante líquido.

Um composto de 1 libra de enxofre em 1 galão de óleo de banha servirá para o propósito. O refrigerante é aplicado ao material imediatamente após o início da furação.

As furadeiras manuais de alta velocidade têm a tendência de queimar no ponto de contato. Sendo assim, furadeiras manuais de alta velocidade não devem jamais ser usadas devido ao aumento da temperatura. Uma furadeira de coluna ajustável para velocidades menores que 750 RPM é recomendada.

Operações com Magnésio

O magnésio, em estado intrínseco, não possui resistência suficiente para ser usado em partes estruturais, mas como uma liga, possui um elevado índice resistência-peso. Sua resistência não é afetada por temperaturas abaixo de zero, e isso aumenta sua adaptabilidade para uso aeronáutico. A propriedade amagnética das ligas, as valorizam na construção de caixas e peças de instrumentos.

Ao mesmo tempo que as ligas de magnésio podem geralmente ser fabricadas através de métodos semelhantes aos usados em outros metais, deve-se ter em mente que muitos detalhes das práticas de oficina não se aplicam.

As ligas de magnésio são difíceis de fabricar à temperatura ambiente, por isso operações mais complexas deverão ser feitas a altas temperaturas. Isso requer um preaquecimento do metal ou matriz, ou ambos.

Chapas de liga de magnésio podem ser cortadas em tesouras de lâminas, matrizes de estampagem, tupias ou serras. Serras manuais ou circulares são geralmente usadas para cortar extrusões na medida.

Tesouras convencionais e recortadores não devem ser usados para cortar chapas de liga de magnésio, por produzirem bordas ásperas e rachadas.

O cisalhamento e a estampagem das ligas de magnésio requerem uma folga bem pequena da máquina. Uma folga máxima de 3 a 5% da espessura da chapa é recomendada. A lâmina superior da tesoura deve ser retificada em ângulo de 45° a 60°. O ângulo do cisalhamento em um punção deverá ser de 2° a 3°, com uma folga de 1° na matriz. Para a estampagem, o ângulo de cisalhamento na matriz deverá ir de 2° a 3°, com um ângulo de folga de 1° no punção. Sempre que possível utiliza-se uma pressão de retenção.

O cisalhamento a frio não deve ser feito em chapas laminadas com espessura maior que 0,064 pol, ou em chapas temperadas, com espessura maior que 1/8 pol. A raspagem é usada para suavizar as bordas ásperas da chapa de magnésio cisalhado. Essa operação consiste em remover aproximadamente 1/32 da polegada através de um cisalhamento secundário.

O cisalhamento a quente é algumas vezes utilizado para obter um acabamento melhor nas bordas. Isso é necessário para chapas grossas.

Chapa temperada pode ser aquecida até 600° F, porém a chapa laminada deve ser mantida a 400° F, dependendo da liga usada. A expansão térmica torna necessário dar margem para a contração após o resfriamento, o que provoca a adição de pequena quantidade de metal às dimensões frias antes da fabricação.

A serragem é o único método usado no corte de chapas maiores que 1/2 polegada de espessura. Lâminas de serra contínua com passo de 4 a 6 dentes, são recomendadas para o corte de grandes chapas ou extrusões pesadas. Extrusões pequenas ou médias são mais facilmente cortadas em uma serra circular, com 6 dentes por polegada.

Chapas de metal podem ser cortadas com serra de fita, com qualquer tipo de dente, e um passo de 8 dentes. As serras de fita devem ser equipadas com guias anticentelhamento para eliminar o perigo de incêndio do magnésio.

O trabalho a frio da maioria das ligas de magnésio à temperatura ambiente, é muito limitado, porque elas endurecem muito rapidamente, não servindo para a modelagem a frio.

Algumas operações de dobragem simples podem ser realizadas em chapas, porém o raio da curvatura deverá ser no mínimo sete vezes o valor da espessura da chapa para uma liga macia, e 12 vezes a espessura da chapa para uma liga dura.

Pode-se utilizar um raio de duas ou três vezes a espessura da chapa, caso o material seja preaquecido para a moldagem.

As ligas de magnésio usadas tendem a rachar após um trabalho a frio. Por isso, os melhores resultados são obtidos quando o metal é aquecido a 450° F, antes de tentar qualquer operação de moldagem. As peças moldadas em uma faixa mais baixa de temperatura, são mais resistentes, porque a alta temperatura possui o efeito de um recozimento no metal.

Há algumas desvantagens no trabalho a quente. Primeiramente, o aquecimento das fôrmas e do material torna-se caro e trabalhoso.

Em segundo lugar, torna-se difícil lubrificar e manusear materiais a essas temperaturas. Contudo, há algumas vantagens em se trabalhar o magnésio a quente, uma vez que ele é mais facilmente moldável a quente que outros metais, apresentando menor retorno (springback), resultando em uma maior precisão dimensional.

Durante o aquecimento do magnésio e suas ligas, devemos verificar atentamente a temperatura uma vez que ele se queima facilmente. O superaquecimento também provoca pequenas poças de fusão dentro do metal. Em ambos os casos, o metal é danificado. Para evitar a queima, o magnésio deve ser protegido por uma atmosfera de dióxido de enxofre durante o aquecimento.

Uma dobragem adequada em um raio pequeno requer a remoção de arestas vivas, e de rebarbas próximo à linha de curvatura. Os riscos no metal devem ser feitos com um lápis de carpinteiro, de ponta macia, uma vez que qualquer dano à superfície poderá provocar rachaduras por fadiga.

É possível aquecer pequenas peças de magnésio com um maçarico, desde que as precauções necessárias sejam tomadas. Deve-se ter em mente que o magnésio entrará em combustão quando for aquecido a uma temperatura próxima ao seu ponto de ebulição, na presença do oxigênio.

Os "brakes" de pressão ou de folha podem ser usados na realização de dobras com pequeno raio. Os métodos por molde ou borracha devem ser usados em dobras em ângulo reto, que complicaram o uso do "brake". A moldagem por laminação pode ser feita a frio, no mesmo equipamento designado para alumínio. O método mais comum de moldar o magnésio é uma operação em que uma base de borracha é usada como fôrma fêmea. Essa base de borracha é mantida dentro de uma panela de aço invertida, que é baixada por um

macaco hidráulico. A prensa faz pressão sobre o metal, e dobra-o no formato da fôrma macho.

As características de usinagem das ligas de magnésio são excelentes, sendo possível a utilização, em velocidade máxima, das máquinas de corte pesadas e com alta taxa de alimentação. A energia requerida para a usinagem de ligas de magnésio é aproximadamente um sexto da necessária para usinar o aço doce.

As rebarbas, cavacos e lascas oriundas da usinagem devem ser guardadas em latões tampados devido ao risco de combustão. Em caso de combustão do magnésio, não devemos tentar apagá-lo com água. Recomenda-se o uso de pó seco (bicarbonato de sódio) como agente extintor para fogo em magnésio.



Referência Bibliográfica

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



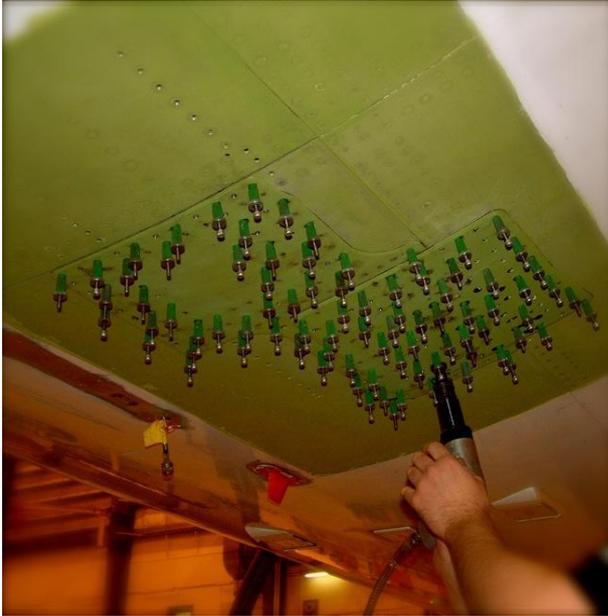
No Próximo Módulo

Caro aluno,

No próximo módulo estudaremos o emprego de rebites, tipos e aplicações.

Você está convidado a seguir em frente.

Vamos lá?!



Fonte: culturaaeronautica.blogspot.com

MÓDULO III

APLICAÇÃO DE REBITES

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Amplamente usados, os rebites desempenham papel preponderante na fixação das estruturas e reparos.

Vamos aqui estudar os tipos e as aplicações dadas a eles.

Bons estudos!

3.1 CÁLCULO DE REBITAGEM

O cálculo da rebitagem consiste na determinação de: (1) do número de rebites necessários; (2) do tamanho e tipo do rebite usado; (3) seu material, têmpera e resistência; (4) o tamanho dos furos; (5) a distância entre os furos e as bordas de um reparo; e (6) o espaçamento entre os rebites sobre o reparo.

Uma vez que as distâncias são medidas em termos do diâmetro do rebite, a aplicação das medidas torna-se simples, pois o diâmetro correto do rebite é determinado.

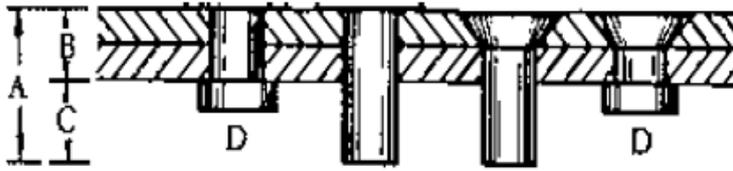
O tipo de cabeça, o tamanho e a resistência requerida em um rebite são determinados, levando-se em conta fatores como o tipo de forças presentes no ponto rebitado, o tipo e espessura do material a ser rebitado, e a localização da parte rebitada na aeronave.

O tipo de cabeça é determinado pela localização na aeronave. Onde se requer uma superfície aerodinâmica lisa, devemos usar rebite de cabeça escareada. Os rebites de cabeça universal podem ser usados na maioria dos lugares. Caso seja necessário um reforço extra, e o espaço permitir, podem ser usados rebites de cabeça redonda. Se não houver espaço, pode-se usar rebites de cabeça chata.

O tamanho (ou diâmetro) do corpo do rebite selecionado, corresponde, em geral, à espessura do material a ser rebitado. Se for usado um rebite muito grande em um material muito fino, a força necessária para prender o rebite provocará um abalamento indesejável na cabeça do rebite. Por outro lado, se for escolhido um rebite muito fino para um material grosso, o esforço de cisalhamento do rebite não será suficiente para suportar a junta. Como regra geral, o diâmetro do rebite não deve ser maior que três vezes a espessura da chapa mais grossa. Os rebites mais utilizados no reparo de aeronaves variam de $3/32$ da polegada a $3/8$ da polegada de diâmetro. Normalmente, rebites menores que $3/32$ da polegada nunca são usados em partes estruturais que suportam esforços.

Quando os rebites devem transpassar completamente membros tubulares, selecionamos um diâmetro equivalente a pelo menos $1/8$ do diâmetro externo do tubo. Se um tubo está encaixado dentro do outro, tomamos a medida externa do tubo e usamos $1/8$ dessa medida como o diâmetro mínimo do rebite. É de bom alvitre sempre calcular o diâmetro mínimo de um rebite e usar o tamanho imediatamente superior.

Na determinação do comprimento total de um rebite, deve-se conhecer as espessuras dos metais a serem unidos. Essa medida é conhecida como o comprimento de pega (letra B da figura 5-41). O comprimento total do rebite (letra A da figura 5-41) deverá ser igual ao comprimento da pega, mais a quantidade de corpo necessária para formar a cabeça de fixação. O tamanho do rebite necessário para formar a cabeça de fixação é 1,5 vezes o diâmetro do corpo do rebite (C da figura 5-41).



- A - Comprimento total do rebite**
- B - Comprimento da peça**
- C - Material necessário para formar uma cabeça de fixação**
- D - Rebite corretamente instalado**

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-41 Determinação do comprimento total de um rebite.

Usando a figura 5-41, e as informações acima, a fórmula $A=B+C$ foi desenvolvida. (A, comprimento total; B, comprimento da peça; C, material necessário para formar uma cabeça de fixação).

A letra D da figura 5-41 apresenta um rebite corretamente instalado. Vejamos cuidadosamente o método usado para medir o comprimento total do rebite, para rebites de cabeça escareada, e com outros tipos de cabeças.

Sempre que possível, os rebites são escolhidos com o mesmo número de liga do material a ser rebitado. Por exemplo, usamos rebites 1100 e 3003 em peças fabricadas com ligas 1100 e 3003, e usamos rebites 2117-T e 2017-T em peças fabricadas com ligas 2017 e 2024.

O rebite 2117-T é geralmente usado em serviços gerais de reparo, uma vez que não requer tratamento térmico, é macio, forte e resistente principalmente à corrosão quando usado com a maioria dos tipos de ligas.

O rebite 2024-T é o rebite mais forte dos da liga de alumínio, e é utilizado em peças sujeitas a grandes estresses. Contudo, ele deve ser macio na aplicação. Nunca substituímos rebites 2024-T por rebites 2117-T.

O tipo de cabeça de rebite a ser selecionado para um serviço em particular, pode ser determinado, observando-se os rebites usados em locais adjacentes, pelo fabricante.

Uma regra geral a ser seguida em uma aeronave que utiliza rebites escareados, é aplicar rebites escareados na superfície superior de asas e estabilizadores, na parte inferior do bordo de ataque antes da longarina, e na fuselagem até o ponto mais alto da asa. Usamos rebites com cabeça universal em todas as outras áreas.

Em geral, tentamos fazer o espaçamento dos rebites em um reparo, de acordo com o utilizado pelo fabricante, na área adjacente ao reparo. Além dessa regra fundamental, não

há uma regra que governe o espaçamento de rebites em todos os casos. Contudo, há certos requisitos mínimos que devem ser observados.

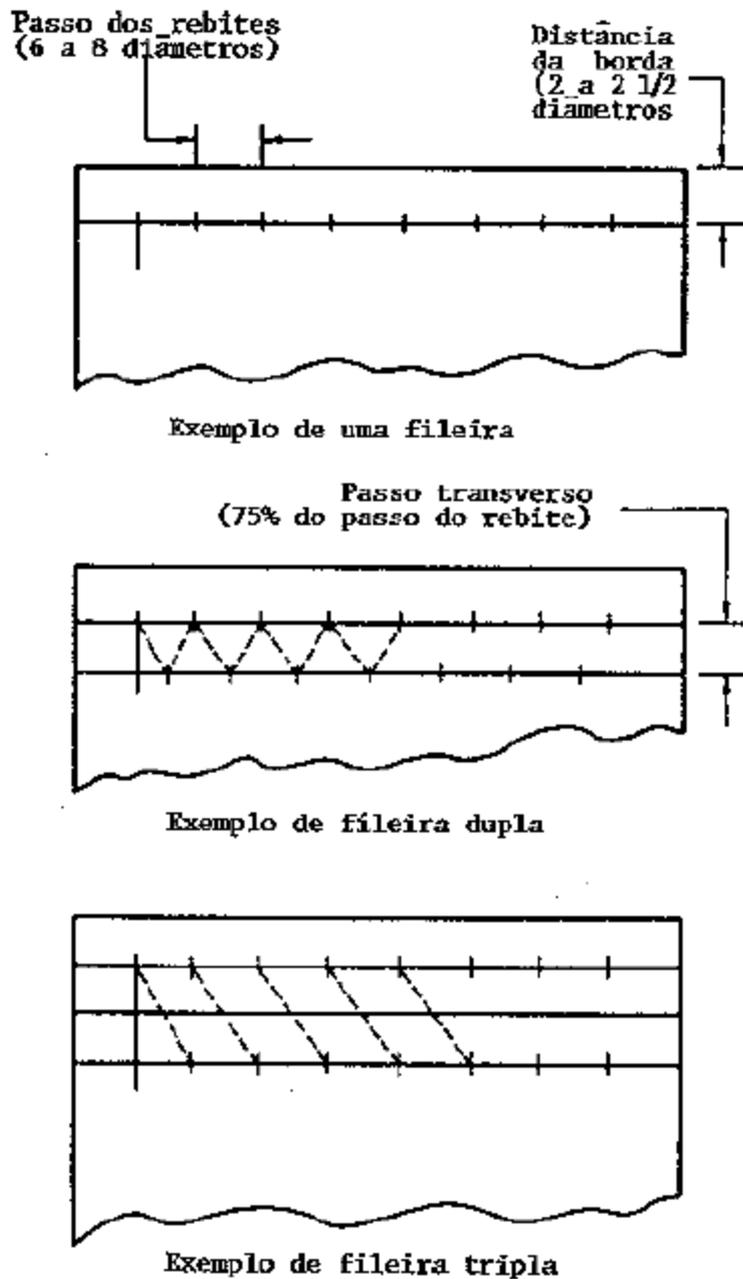
A distância até a borda, ou a distância do centro do primeiro rebite até a borda da chapa, não deve ser menor que duas vezes o diâmetro do rebite, nem maior que quatro vezes. A distância recomendada é aproximadamente 2,5 vezes o diâmetro do rebite.

Se os rebites forem colocados muito próximos da borda da chapa, a chapa poderá rachar ou soltar-se dos rebites, e se eles forem colocados muito afastados da borda, a chapa poderá virar suas bordas para cima.

O passo dos rebites é a distância entre os centros dos rebites adjacentes em uma mesma fileira. O menor passo de rebites permissível é igual a três vezes o diâmetro do rebite. A média de passo usada varia de quatro a dez vezes do diâmetro. O passo transversal é a distância perpendicular entre fileiras de rebites. É geralmente igual a 75% do passo do rebite. O menor passo transversal permitido é 2,5 vezes o diâmetro.

Durante o reparo de um tubo danificado em que os rebites o transpassam completamente, distanciamos os rebites de quatro a sete vezes o diâmetro, caso os rebites adjacentes estejam em ângulo reto, e distanciamos de 5 a 7 vezes o diâmetro, caso eles estejam em linha (paralelos). O primeiro rebite de cada lado da junta não deve estar a menos de 2,5 vezes o diâmetro a partir da ponta da luva.

As regras gerais de espaçamento de rebites, como aplicadas a fileiras, são bem simples. Em uma fila única, primeiro determinamos a distância da borda em cada ponta da fila, depois calculamos o passo dos rebites como mostrado na figura 5-42. No cálculo de duas filas, calculamos a primeira fila como já descrito, posicionamos a segunda fila a uma distância igual ao passo transversal a partir da primeira fila, e depois calculamos os pontos dos rebites da segunda fila, de forma que eles fiquem exatamente na metade da distância entre os rebites da primeira fila. No cálculo de três fileiras, calculamos a primeira e a terceira filas, depois determinamos os pontos da segunda fila traçando uma linha reta (ver figura 5-42).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-42 Espaçamento de rebites.

3.2 INSTALAÇÃO DE REBITES

As várias ferramentas necessárias na instalação e remoção de rebites incluem brocas, escareadores, cortadores, barras de apoio, martelos, puxadores, punções de rebaixamento e outros tipos de escareadores, pistolas de rebite e máquinas de rebite.

Parafusos autofixantes, grampos "C" e prendedores são acessórios comumente usados para segurar as chapas durante as rebiteagens.

Alguns desses itens foram discutidos anteriormente neste capítulo. Outras ferramentas e equipamentos necessários na instalação de rebites serão discutidos nos próximos parágrafos.

Duplicadores

Quando seções do revestimento são substituídas por novas, os furos da nova chapa devem coincidir com os furos já existentes na estrutura. Esses furos podem ser feitos com um duplicador.

O pino na perna inferior do duplicador encaixa-se no furo existente. O furo na peça nova é feito, perfurando-se através da bucha da perna inferior.

Se o duplicador estiver correto, os furos feitos desta forma estarão perfeitamente alinhados. Deve-se usar um duplicador para cada tamanho de rebite.

Cortadores

No caso de não haver rebites disponíveis no comprimento desejado, podem ser usados cortadores de rebites para reduzi-los ao tamanho desejado.

Durante o uso do cortador rotativo de rebites, inserimos o rebite no orifício correto, colocamos o número requerido de calços sob a cabeça do rebite, e apertamos como se fosse um alicate. A rotação dos discos irá cortar o rebite na medida exata, o que é determinado pela quantidade de calços sob a cabeça.

Na utilização de um cortador grande, o colocamos em uma morsa, inserimos o rebite no orifício correspondente e o cortamos puxando o punho, cisalhando o rebite.

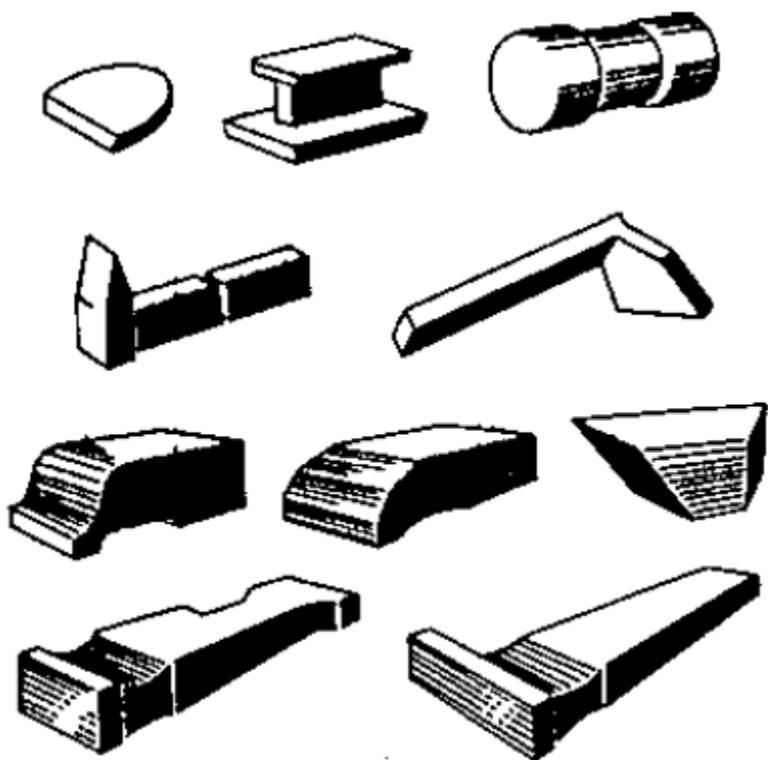
Caso não se disponha de um cortador de rebites, pode-se usar um alicate de corte diagonal.

Barras de Apoio

Uma barra de apoio é uma ferramenta que é apoiada contra a extremidade do corpo do rebite, enquanto a cabeça de fixação é amassada.

A maioria das barras de apoio são feitas de ferro, mas as feitas de aço duram mais e requerem menos recondição. São confeccionadas em diversas formas e tamanhos

para facilitar a rebiteagem em todos os locais possíveis. Alguns tipos de barras de apoio são mostrados na figura 5-43.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-43 Barras de apoio.

As barras devem ser mantidas sempre limpas, lisas e bem polidas. Suas arestas devem ser ligeiramente arredondadas, para evitar danos ao material adjacente à operação de rebiteagem.

Aparelhos para Rebiteagem Manual e Puxadores Manuais

O aparelho para rebiteagem manual, é uma ferramenta equipada com um punção para aplicar um tipo específico de rebite. Há aparelhos para todos os tamanhos e tipos de cabeças de rebite. O aparelho mais comum é feito de aço de carbono de 1/2 polegada de diâmetro por 6 polegadas de comprimento, e estriado para evitar escorregar na mão. Somente a face da ferramenta é endurecida e polida.

Ferramentas para rebites de cabeça redonda ou chata (brazier) possuem uma depressão que se encaixa na cabeça do rebite. Na escolha da ferramenta correta, devemos

nos assegurar que ela dará a distância adequada entre si e as bordas da cabeça do rebite, e entre si e a superfície do metal.

Ferramentas chatas ou lisas são usadas para rebites chatos e escareados. Para colocarmos rebites escareados adequadamente, verificamos se a ferramenta possui pelo menos 1 polegada de diâmetro.

Puxadores especiais são feitos para eliminar qualquer folga entre duas ou mais chapas antes de colocar o rebite. Cada puxador possui um furo de $1/32$ da polegada maior que o diâmetro do corpo do rebite para o qual ele foi feito.

Ocasionalmente, o puxador e o batedor de rebite vem incorporados no mesmo aparelho.

O cabeçote batedor consiste de uma peça oca para permitir a expansão do corpo do rebite quando ele é batido.

Escareadores

O escareador é uma ferramenta que faz uma depressão em forma de cone ao redor do furo do rebite, para permitir que a cabeça do rebite fique alinhada com a superfície da chapa. O escareamento é feito em diversos ângulos, de acordo com o tipo de cabeça do rebite.

Existem escareadores especiais com batente. Eles são ajustáveis a qualquer profundidade desejada, e as lâminas são intercambiáveis, a fim de que escareamentos em diversos ângulos possam ser feitos.

Alguns escareadores com batente possuem um ajuste por micrômetro, em incrementos de 1 milésimo de polegada.

Punções de Rebaixamento

O processo de se realizar um afundamento ou um rebaixamento ao redor da cabeça de um rebite, de forma que seu topo escareado fique no mesmo nível da superfície da chapa rebitada, é chamado de rebaixamento.

O rebaixamento é realizado com um punção macho e um fêmea, ou uma fôrma. O punção macho possui uma guia do tamanho do furo do rebite, onde a guia do punção macho se encaixa, e é chanfrado no mesmo grau de escareamento.

Durante o rebaixamento, o punção fêmea é encostado sobre uma superfície sólida. O material a ser rebaixado depois é posicionado sobre o punção fêmea.

Inserimos o punção macho no furo a ser rebaixado até que o rebaixamento seja formado.

Duas ou três marteladas devem ser suficientes. Um conjunto de punções é aplicável a cada tipo de rebites e tamanho.

Um método alternativo é usar um rebite de cabeça escareada ao invés do punção macho, e um puxador ao invés do punção fêmea, e martelar o rebite até que o rebaixamento seja formado.

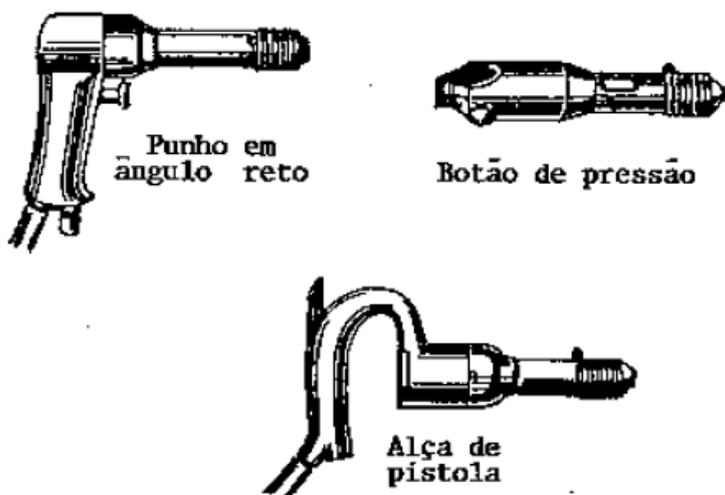
Os punções de rebaixamento para trabalhos leves podem ser usados em marteladas pneumáticas ou manuais. Se os punções forem usados com um martetele, eles deverão obviamente ser ajustados à espessura da chapa a ser rebaixada.

Martelos Pneumáticos

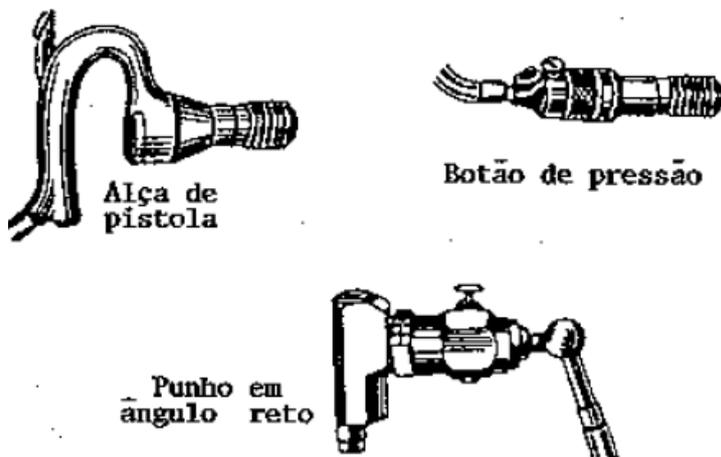
A ferramenta mais comum utilizada no reparo com rebites de fuselagens é o martelo pneumático de baixa velocidade, chamado de pistola de rebite ou martetele.

As pistolas pneumáticas são disponíveis em diversos tamanhos e formas (vide figura 5-44). A capacidade de cada martetele, como recomendado pelo fabricante, vem geralmente estampada no seu corpo. Geralmente operam com pressões de 90 a 100 p.s.i.

Marteletes de golpes lentos (batidas longas)



Marteletes de golpes rápidos (leves)



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-44 Tipos de pistolas pneumáticas.

Os marteletes são usados com conjuntos intercambiáveis para rebites. Cada conjunto é desenhado para adaptar-se ao tipo de rebite usado e à localização do serviço.

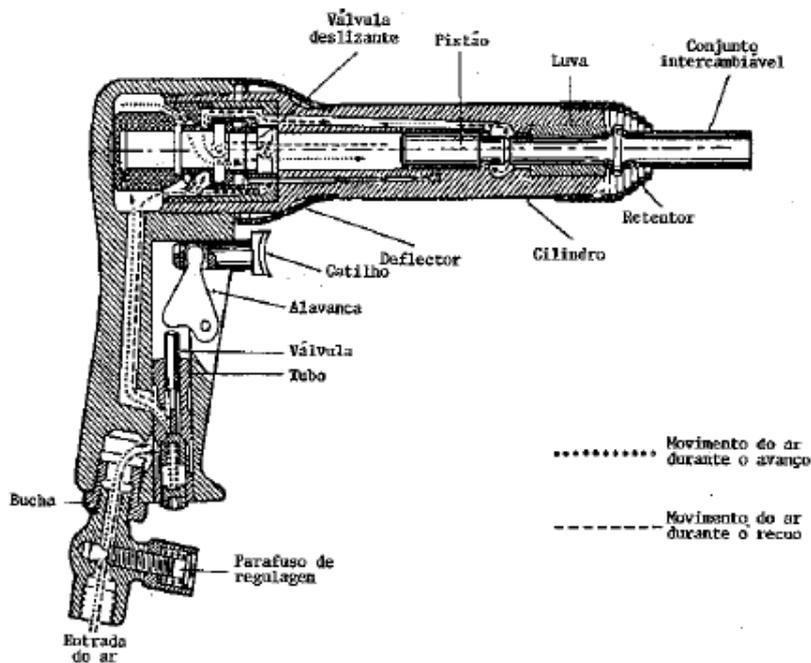
O corpo do conjunto é desenhado para encaixar-se no martelete. A força para amassar o rebite é fornecida por um martelo pneumático, embutido no corpo do martelete (Veja figura 5-45).

Os conjuntos são feitos em aço-carbono, com tratamento térmico para dar-lhes maior resistência e durabilidade.

Algumas precauções devem ser observadas durante o uso de um martelete:

- 1) Nunca apontar um martelete para ninguém. Ele só deve ser usado para um único propósito - amassar rebites;

- 2) Nunca apertar o gatilho, a menos que o martetele esteja apoiado em um rebite ou um bloco de madeira;
- 3) Quando não for usar por um longo período, desconectar a mangueira de pressão de ar.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-45 Nomenclatura dos martelos ou pistolas pneumáticas.

3.3 PREPARAÇÃO DOS FUROS PARA REBITAGEM

É muito importante que o furo para rebite tenha o tamanho e a forma correta, e esteja livre de rebarbas. Se o furo for pequeno, a camada protetora do rebite será danificada durante sua introdução. Se o furo for muito grande, o rebite não o encherá completamente. Na hora de bater o rebite, a junta não terá bastante resistência, e poderá provocar uma falha estrutural neste ponto.

Caso seja requerido um escareamento, levamos em consideração a espessura do metal, e adotamos o método de escareamento recomendado para aquela espessura. Se for necessário um rebaixamento, limitamos a força das pancadas a um mínimo, de forma que endurecimentos indesejáveis não se formem nesta área.

Furação

Para se fazer um furo do tamanho correto, primeiramente fazemos uma medida menor que o previsto. Isso é chamado, pré-furação, e o furo é chamado de furo piloto.

Alargamos o furo piloto com uma broca do tamanho correto para alcançar a dimensão desejada. Os tamanhos das brocas para a pré-furação e o alargamento são mostrados na figura 5-46. A folga recomendada para furos de rebites vai de 0,002 pol 0,004 de polegada.

DIÂMETRO DO REBITE	FURO PILOTO	ALARGAMENTO
3/32	3/32 (.0937)*	40 (.098)
1/8	1/8 (.125)	30 (.1285)
5/32	5/32 (.1562)	21 (.159)
3/16	3/16 (.1875)	11 (.191)
1/4	1/4 (.250)	F (.257)
5/16	5/16 (.3125)	O (.316)
3/8	3/8 (.375)	V (.377)

*Notar que a medida de alargamento exceda a tolerância máxima de 0,004". Isto só é permissível se a medida do próximo alargador for muito maior do que a tolerância de 0,004 da polegada.

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-46 Medida de brocas-piloto e alargadoras.

Na furação de metais duros, a broca deverá possuir um ângulo de 118° e deve ser operada a baixa rotação, porém, para metais macios, usamos uma broca com ângulo de 90° e operamos a alta rotação. Chapas finas de liga de alumínio são furadas com maior precisão usando-se uma broca com ângulo de 118°, uma vez que o ângulo obtuso da broca tem menos tendência a rasgar ou alongar o furo.

Puncionamos o centro do local a ser furado antes de iniciar a furação. Esse puncionamento age como um guia, e permite que a broca penetre no metal com maior facilidade. Fazemos esse puncionamento num tamanho que impeça a broca de deslizar para fora da posição, porém sem amassar o material adjacente. Seguramos em um bloco de madeira dura como apoio bem firme na posição, por trás do lugar do furo, durante a furação.

A furação geralmente é feita usando-se uma furadeira manual ou elétrica. A furadeira é mantida com ambas as mãos para dar maior firmeza, estendemos os dedos indicadores e médio da mão esquerda contra o metal para que ajam como um guia no início do furo, e como freio quando a broca penetra no material.

Antes de começarmos a furar, sempre testamos a broca inserida no mandril, quanto ao alinhamento e fixação, girando a furadeira livremente, e observando a ponta da broca.

Se a ponta oscilar, provavelmente é porque há rebarbas dentro do mandril, ou então a broca pode estar empenada ou mal fixada no mandril da máquina. Uma broca que oscila não deve ser usada jamais, pois provoca o alargamento dos furos.

A broca é mantida sempre em ângulo reto, em relação ao material a ser furado. Usamos uma furadeira, em ângulo ou extensões e adaptadores quando o acesso se tornar difícil para uma furadeira comum.

Nunca apoiamos a broca nas laterais do furo durante a furação ou na retirada da broca, pois isso provocará um alongamento no furo.

Durante a furação de chapas de metal, pequenas rebarbas se formam ao redor do furo. Isso é mais comum quando se utiliza uma furadeira manual, uma vez que sua velocidade é lenta e há uma tendência a aplicar maior pressão por revolução. Removemos todas as rebarbas antes de rebitar.

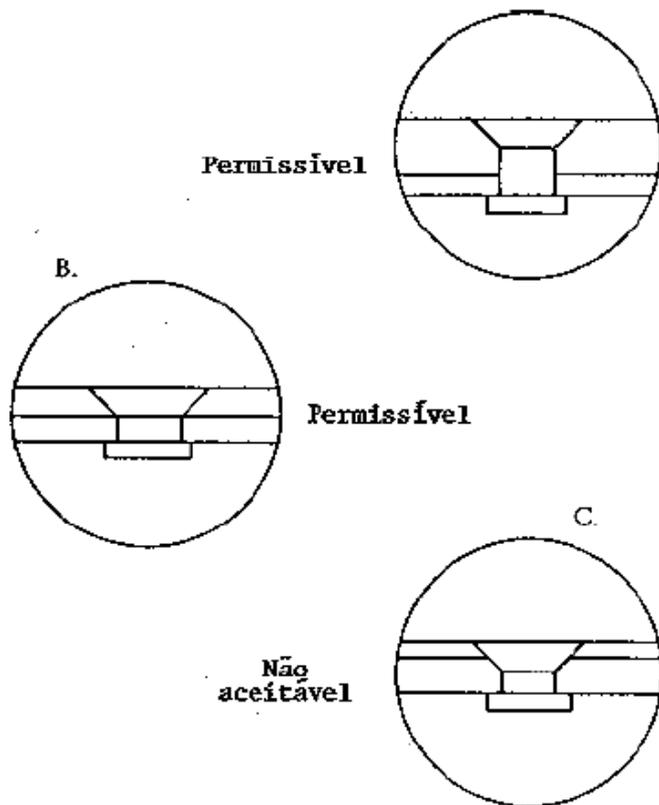
Escareamento e Rebaixamento

O escareamento, quando mal realizado, reduz a resistência da junta, e pode até causar a falha da junta com a degola da cabeça do rebite. O escareamento pode ser reto ou cônico, de acordo com o material da chapa e o tipo de rebite, pode ser feito através da própria broca que produz o furo ou com ferramenta específica.

O método adequado a cada aplicação depende da espessura das chapas a serem rebitadas, da altura e do ângulo da cabeça escareada do rebite, das ferramentas disponíveis e do acesso.

Como regra geral, utilizamos o escareamento por broca quando a espessura do material for maior que a espessura da cabeça do rebite, e usamos o rebaixamento quando isso não ocorrer.

A figura 5-47 ilustra as regras gerais de escareamento. Notamos na figura 5-47A que o material é bem espesso, e que a cabeça do rebite chega apenas até a metade da espessura do material. Na figura 5-47B, a cabeça escareada atravessa toda a espessura da chapa superior. O escareamento deixará bastante metal para a pega neste caso. Essa condição é permissível mas deve ser evitada.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-47 Escareamento.

Na figura 5-47C, a cabeça se estende até a chapa inferior. Isso indica que o material é fino e que a maior parte dele foi removida através do escareamento com broca. Neste caso o rebaixamento é preferível. O rebaixamento funcionará bem melhor se o metal não for maior que 0,040 de polegada de espessura.

O escareamento com broca é realizado com uma broca retificada no ângulo desejado. As bordas do furo são desbastadas para que a cabeça do rebite se encaixe de forma justa. Durante o escareamento com broca, primeiro furamos o buraco original para o rebite no tamanho exato dele, como recomendado na tabela da figura 5-46.

Os limites de extensão da cabeça do rebite, abaixo ou acima da superfície do metal são bem pequenos, 0,006 de polegada na maioria dos casos. Por isso, fazemos o escareamento cuidadosamente, utilizando equipamentos capazes de produzir resultados dentro da tolerância especificada.

A ferramenta para escareamento é mantida com firmeza, em ângulo reto com o material, sem tombá-la. Qualquer inclinação poderá alongar o escareado e proporcionar um encaixe irregular para a cabeça do rebite. Furos grandes demais, escareamento piloto pequeno

demais, trepidações causadas pelo uso incorreto da broca, ou por uma broca cega ou mal alinhada com o mandril da furadeira, são algumas das causas do escareamento alongado.

O escareamento por rebaixamento pode ser realizado utilizando um dos dois métodos, usando punções, ou com rebite e um puxador. Em qualquer dos casos, o metal imediatamente ao redor do furo é pressionado para encaixar-se na cabeça do rebite. A depressão formada, tal como no uso da broca, também é conhecida como "ninho".

O rebite deverá encaixar-se bem junto em seu "ninho" para obter-se a maior resistência. O número de chapas que podem ser rebaixadas simultaneamente é limitado pelo tipo de equipamento usado. O processo de rebaixamento pode ser feito com ferramentas manuais, com punções em um martetele, etc.

Os punções de rebaixamento são produzidos para corresponder a qualquer tamanho e grau de escareamento da cabeça do rebite disponível. Os punções são geralmente numerados, e a correta combinação a ser usada é indicada nas tabelas especificadas pelo fabricante.

Tanto o punção macho como o fêmea são retificados precisamente, e possuem superfícies altamente polidas. O punção macho é cônico como a cabeça do rebite, e possui um pequeno piloto concêntrico que se encaixa no furo do rebite e no punção fêmea. O punção fêmea possui um grau de conicidade correspondente ao escareado em que o punção macho se encaixa.

Durante o rebaixamento de um furo, apoiamos o punção fêmea sobre uma superfície sólida, posicionamos a chapa sobre o punção fêmea, inserimos o punção macho no orifício a ser rebaixado. Batemos com um martelo, até que o rebaixamento seja formado.

Em alguns casos, a face do punção macho é convexa para evitar o retorno do metal (springback).

Punções deste tipo são vantajosos quando a chapa a ser rebaixada é curva. Alguns punções possuem a face chata e são principalmente usados em chapas chatas. Os punções de rebaixamento são geralmente feitos de modo a incluírem um ângulo 5° menor que o do rebite. Isso é feito para prevenir o retorno do metal.

No rebaixamento, o furo piloto da fêmea deve ser menor que o diâmetro do rebite a ser usado. Por isso, o furo do rebite deve ser alargado até o diâmetro exato, após o rebaixamento ter sido realizado, de forma que o rebite fique bem encaixado.

Na utilização de um rebite escareado no lugar do punção macho, posicionamos o punção fêmea na posição normal, e usamos uma barra de apoio. Coloque o rebite do tipo

requerido no furo. Ele será colocado e batido com um martelo pneumático. Só se deve usar este método na falta dos punções normais. Esse método é chamado "cunhagem".

O método alternativo apresenta a desvantagem do furo do rebite ser feito no tamanho correto do rebite, antes da operação de rebaixamento. Uma vez que o metal estica durante o rebaixamento, o furo aumenta, e o rebite precisa ser alargado antes de ser introduzido, para haver um encaixe preciso. Devido às pequenas distorções causadas pela cabeça do rebite na parte escareada, e isso só ocorre neste tipo de rebite, é importante usar o mesmo rebite que foi usado para rebaixamento como macho. Não há substituição por outro rebite, ainda que do mesmo tamanho ou maior.

Rebaixamento Térmico

Esse tipo de rebaixamento consiste de dois processos, o rebaixamento radial e o rebaixamento por cunhagem. A maior diferença entre esses dois processos está na construção do punção fêmea. No rebaixamento radial um punção fêmea maciço é usado. A cunhagem utiliza um punção fêmea com êmbolo deslizante (figura 5-48), o que melhora este processo.

Durante a cunhagem, o metal é forçado contra os contornos dos punções, fazendo com que o rebaixamento assumira a mesma forma da face do punção.

A pressão exercida pelo êmbolo de cunhagem evita a compressão do metal e, assim, assegura uma espessura uniforme das bordas do rebaixamento, e um formato realmente cônico.

A cunhagem oferece diversas vantagens. Ela melhora a configuração do rebaixamento, melhora o perfil aerodinâmico da chapa, elimina possíveis rachaduras radiais ou circunferenciais, assegura uma junta mais forte e segura e permite que punções idênticos sejam aplicados ao revestimento e às partes estruturais.

O material usado é um fator muito importante a ser considerado em qualquer rebaixamento.

Materiais tais como o aço resistente à corrosão, o magnésio e o titânio, apresentam diferentes problemas quanto ao rebaixamento.

A liga de alumínio 2024-T pode ser satisfatoriamente cunhada, tanto a frio como a quente. Contudo, poderão aparecer rachaduras nas vizinhanças do rebaixamento a frio devido a pontos de endurecimento no metal. O rebaixamento a quente elimina tais problemas.

As ligas de alumínio 7075-T6 e 2024T81 também são cunháveis a quente. As ligas de magnésio devem ser cunhadas a quente, uma vez que, como o 7075-T6, elas possuem pouca maleabilidade. O titânio é outro metal que deve ser rebaixado a quente, por ser muito duro e resistir à moldagem.

A mesma temperatura e o tempo de repouso usados para rebaixar o 7075-T6 são usados para o titânio.

O aço resistente à corrosão é rebaixado a frio, uma vez que a faixa de temperatura da unidade aquecedora não é alta o suficiente para afetar o rebaixamento.

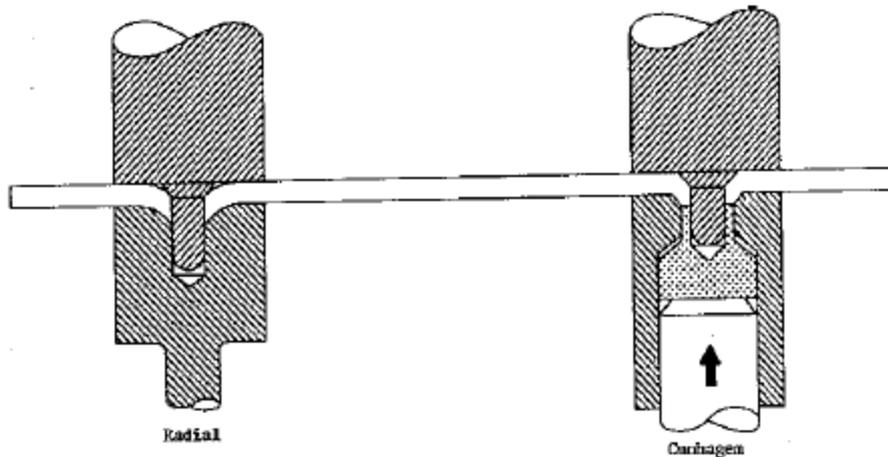
Os punções de rebaixamento com êmbolo de cunhagem são desenhados com diversos recursos embutidos. A face do punção macho é convexa, e a face do punção fêmea é côncava, em um ângulo de 2° no piloto. Isso facilita a remoção do metal após o rebaixamento.

O punção fêmea tem duas partes: (1) o corpo, e (2) o êmbolo de cunhagem, que se estende através do centro do recesso cônico do corpo. Na moldagem de um rebaixamento, o metal é forçado para baixo sobre o punção fêmea, pelo macho. O metal, primeiramente, entra em contato com o êmbolo de cunhagem, e ele suporta o metal à medida que é forçado para baixo no recesso cônico. Quando os dois punções se fecham, até o ponto em que as forças de ambos estejam espremendo o material, o êmbolo de cunhagem força o metal de volta às arestas afiadas dos punções.

No rebaixamento a frio os punções são usados separadamente. No rebaixamento a quente, uma tira ou bloco aquecedor é colocada sobre um ou ambos os punções e conectada à corrente elétrica.

Os punções devem estar sempre limpos e em boas condições. É bom limpá-los sempre com uma esponja de aço. Deve-se ter precauções especiais enquanto os punções estão na máquina.

Caso a máquina seja operada com os punções no lugar, mas sem material entre eles, o macho irá dilatar-se e danificar o êmbolo de cunhagem.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-48 Rebaixamento por cunhagem e radial.

Sempre que possível, a cunhagem deve ser feita em um equipamento estacionário, e antes da montagem das peças. Contudo, há muitas ocasiões em que a cunhagem deve ser feita depois que as peças estão montadas em outras estruturas. Em tais casos, elas são feitas através de rebaixadores portáteis.

A maioria dos amassadores pode ser usada tanto no rebaixamento a frio, como a quente, ou combinados com uma caixa de junção para o rebaixamento a quente.

Há alguns locais em que não é possível acomodar os amassadores. Nessas circunstâncias, é necessário utilizar um martelete pneumático e uma barra de apoio para segurar os punções.

3.4 A COLOCAÇÃO DE UM REBITE

Os métodos de aplicação de rebites com corpo maciço podem ser classificados em dois tipos, dependendo se o equipamento de rebiteagem é portátil ou fixo. Uma vez que o equipamento fixo é raramente utilizado em reparos de fuselagem, somente o equipamento portátil será discutido aqui.

Antes de aplicar qualquer rebite, nos certificamos de que todos os furos estejam perfeitamente alinhados, todas as rebarbas tenham sido removidas, e que todas as partes a serem rebiteadas estejam bem unidas.

Geralmente dois mecânicos, um com a pistola e outro com a barra de apoio trabalham juntos na aplicação de rebites. Contudo, em algumas aplicações, o rebiteador segura a barra de apoio com uma mão e opera o martelete com a outra mão.

Durante a rebiteagem em dupla, um sistema de sinais eficiente pode ser desenvolvido para o trabalho em conjunto. O código geralmente consiste em bater a barra de apoio contra o serviço. Uma batida pode significar "não ficou bem, bata de novo". Duas batidas podem significar "rebite bom". Três batidas podem significar "rebite ruim, remova e coloque outro", e assim por diante.

Calço de Apoio

A escolha do apoio adequado é um dos fatores mais importante no apoio de rebites. Se a barra não tiver o formato correto, ela deformará a cabeça do rebite. Se a barra for muito leve, ela não dará o apoio necessário, e o material poderá entortar e, se a barra for muito pesada, seu peso, junto com a força para amassar o rebite, poderão amassá-lo além do necessário.

O peso das barras de apoio variam de algumas onças até 8 ou 10 libras, dependendo da natureza do serviço.

Os pesos recomendados para as barras de apoio usadas nos diversos tamanhos de rebites são apresentados na figura 5-49.

Neste processo, colocamos a placa de fixação diretamente sobre o metal a ser moldado, e a prendemos na posição com parafusos ou grampos "C".

Apertamos os grampos "C" ou parafusos o bastante para manter o material faceado com a fôrma, porém, sem evitar que o metal se desloque para dentro da fôrma. Se o metal não ficar bem faceado com a superfície da fôrma, ele dobrará ou empenará. Se ele não puder deslizar para dentro da fôrma, na parte mais funda da fôrma, o metal ficará muito fino.

Diâmetro do Rebite (em polegadas)	Peso Aproximado (em libras)
3/32	2 to 3
1/8	3 to 4
5/32	3 to 4 ½
3/16	4 to 5
1/4	5 to 6 ½

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-49 Peso recomendado para as barras de apoio.

A face da barra de apoio é sempre mantida em ângulo reto com o corpo do rebite. Caso isto não seja feito, o corpo do rebite entortará logo nas primeiras pancadas do martetele, danificando o material de apoio no lugar, até que o rebite fique completamente assentado.

Se o apoio for removido enquanto o martetele estiver operando, o rebite poderá atravessar o material. Não forçamos o rebite para baixo, deixamos que a barra de apoio vibre em unísono com o martetele.

Esse processo é chamado de calço coordenado.

O calço coordenado pode ser feito através de pressão e rigidez aplicadas no punho. Com a experiência, um alto grau de adestramento pode ser obtido.

A falta de vibração adequada, o uso de uma barra de apoio muito leve ou pesada, e a falha em manter a face da barra em ângulo reto ao rebite, podem causar rebites defeituosos. Um rebite torto pode ser corrigido movendo-se rapidamente a barra de apoio ao redor da cabeça do rebite, em uma direção oposta ao entortamento. Essa ação corretiva só pode ser feita enquanto o martetele estiver batendo e o rebite não tiver sido completamente assentado.

Colocação Manual

Em alguns casos, pode ser necessário assentar um rebite manualmente. Pode-se utilizar dois métodos, dependendo da localização e do acesso do serviço.

Em um método, a cabeça do rebite é introduzida com um conjunto manual e um martelo, e a ponta do corpo é amassada com o auxílio de uma barra de apoio adequada. No outro método, a extremidade do rebite é inserida com um conjunto manual e um martelo, e a cabeça é calçada com um conjunto manual preso por uma morsa ou por uma barra garrafa (uma barra especial com encaixe para o conjunto manual).

Este método é conhecido como rebitagem invertida. É comumente usado em rebitagens manuais, mas não é considerado uma boa prática em rebitagens pneumáticas.

Durante o uso de qualquer dos métodos descritos, o número de pancadas é mantido no mínimo possível. O martelamento excessivo poderá mudar a estrutura cristalina do rebite ou do metal ao seu redor, fazendo com que a junta perca parte da sua resistência.

Devemos manter a barra de apoio, o rebite e o conjunto manual sempre em ângulo de 90°. O mal uso da barra de apoio ou do conjunto resultarão na danificação da cabeça do rebite ou do material, podendo gerar corrosão, enfraquecendo a estrutura da aeronave.

O diâmetro da cabeça amassada deverá ser uma vez e meia o diâmetro original do corpo, e a altura deverá ter a metade do diâmetro do corpo.

Colocação Pneumática

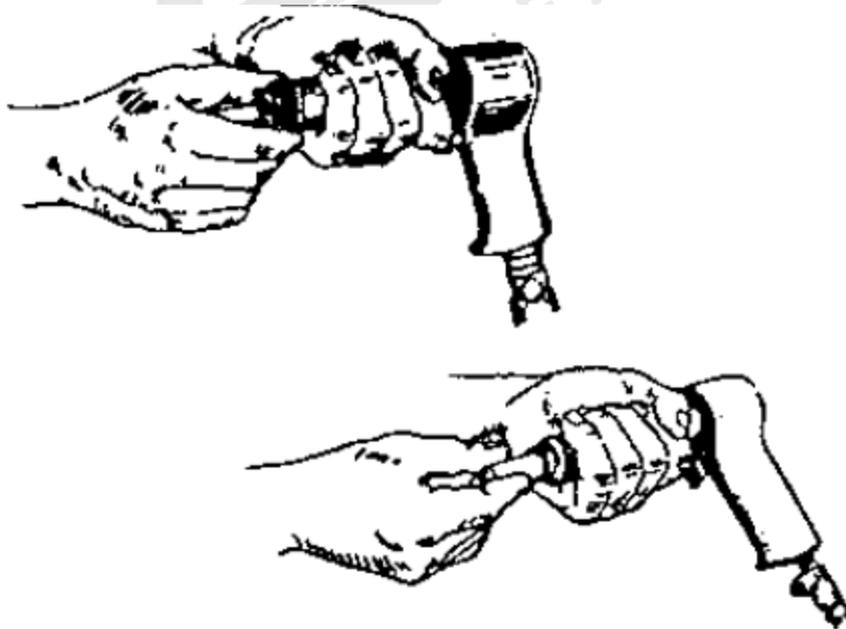
O procedimento neste caso é quase idêntico ao processo manual. A preparação da chapa, a seleção dos rebites e a furação são as mesmas.

Na operação manual, contudo, a pressão para o assentamento do rebite é aplicada usando-se um conjunto manual e um martelo.

Na operação pneumática, a pressão é aplicada com um conjunto e um martelete ou pistola pneumática.

Para obter bons resultados numa rebitagem pneumática, seguimos estes pontos básicos:

(1) Selecionar o tipo e o tamanho correto do martelete, e selecionar o conjunto correto de acordo com o tamanho do rebite a ser colocado. Instalar o conjunto firmemente, como mostra a figura 5-50.

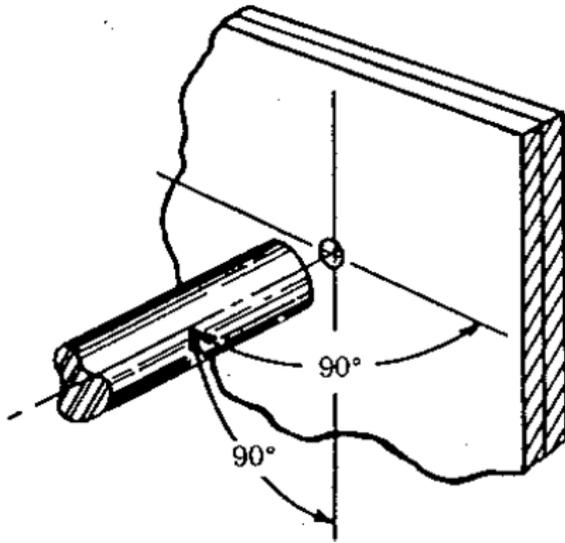


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-50 Instalando o conjunto do martelete.

(2) Ajustar a velocidade do martelete (vibrações por minuto). Segurar o martelete sempre contra um bloco de madeira antes de apertar o gatilho. Nunca operar o martelete sem uma resistência, pois a vibração poderá partir a mola de retenção lançando o conjunto para longe. Além disso, essa vibração poderá danificar a ponta do martelete.

(3) Manter sempre o conjunto em ângulo reto com o material, para evitar danos à cabeça do rebite e ao material adjacente como mostra a figura 5-51. Recalcar o rebite com uma batida média do martelete.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-51 Posição do martetele.

(4) Remover a barra de apoio e checar a cabeça amassada do rebite. Ela deverá ter uma vez e meia o diâmetro do corpo em largura e a metade do diâmetro do corpo em altura. Caso o rebite necessite de mais batidas, repetir os procedimentos necessários para terminar o serviço. Um pequeno pedaço de fita adesiva aplicado ao acoplador da ponta do conjunto, geralmente resolve pequenos problemas de acoplamento com a cabeça do rebite, que podem vir a gerar problemas na formação da cabeça do rebite.

Rebitagem por Pressão

O método de pressão produz o tipo mais uniforme e balanceado de amassamento de rebites. Cada rebite é assentado em uma única operação - todos os rebites são amassados com a mesma pressão - todas as cabeças tem o mesmo aspecto e cada corpo de rebite é suficientemente e uniformemente expandido para preencher completamente cada furo.

Os rebitadores de pressão vêm equipados com pares de terminais, cada par desenhado para um serviço particular.

Após a escolha dos terminais e do ajuste da máquina para uma aplicação em particular, todos os rebites serão assentados uniformemente, provendo um método eficiente de rebitagem. As prensas portáteis são particularmente adequadas à rebitagem de grandes conjuntos, onde a ferramenta deve deslocar-se em relação ao serviço.

As prensas não são muito pesadas e podem facilmente ser operadas por uma pessoa.

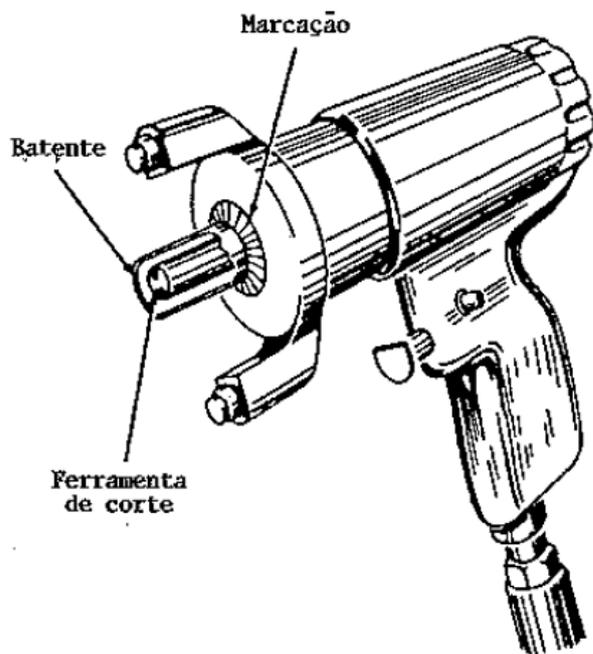
A preparação do material é o mesmo utilizado na rebiteagem manual ou pneumática. Para obtermos melhores resultados no uso da prensa, observamos algumas regras:

- (1) Selecionar e instalar os terminais cuidadosamente de acordo com o tipo de rebite usado;
- (2) Ajustar a pressão do cilindro da prensa de acordo com o diâmetro do rebite utilizado. A maioria das prensas possui uma válvula que regula a pressão do cilindro. Essa válvula controla a quantidade de ar admitida pelo cilindro;
- (3) Regular a folga da prensa de acordo com o comprimento do rebite utilizado. Algumas prensas são equipadas com um regulador de folga, que controla o esforço do êmbolo da forquilha em "C", ou com o movimento do mordente móvel de uma forquilha tipo jacaré. Em prensas não equipadas com um regulador de folga, a folga pode ser ajustada inserindo-se calços de metal entre ambos os mordentes, ou usando-se terminais de comprimentos diferentes. Em alguns tipos de prensas, o terminal do mordente fixo é mantido no lugar por um parafuso Allen, que permite a regulagem da folga;
- (4) Antes de utilizar a prensa, testar a pressão do cilindro e a folga, quanto à precisão dos ajustes em um pedaço de chapa. Essa chapa deverá ter a mesma espessura do material original, e os rebites deverão ter o mesmo comprimento e diâmetro;
- (5) Caso as partes a serem rebitadas sejam pequenas e facilmente manuseáveis, montar a prensa em uma morsa ou em um grampo especial, e segurar a parte a ser rebitada com a mão.

Micro Raspador

Algumas vezes é necessário utilizar um micro raspador durante um reparo, envolvendo o uso de rebites de cabeça escareada. Caso a suavidade do material (tal como o revestimento) requeira que se usem apenas rebites escareados dentro de uma tolerância específica, usa-se um micro raspador.

Essa ferramenta possui um cortador batente e duas extremidades, ou estabilizadores, como mostra a figura 5-52.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-52 Micro raspador.

A peça cortante do micro raspador é localizada dentro do batente. A profundidade do corte pode ser ajustada puxando-se para fora o batente, e girando-o em um dos sentidos (no sentido dos ponteiros de um relógio para cortes mais profundos). As marcas no batente permitem ajustes de 0,001 polegada.

Caso o micro raspador seja ajustado e segurado corretamente, ele cortará a cabeça de um rebite escareado em 0,002 polegada sem tocar no material adjacente. Os ajustes devem sempre ser feitos em restos de metais. Quando corretamente ajustados, o micro raspador fará um pequeno furo redondo, mais ou menos do tamanho da cabeça de um alfinete, sobre um rebite raspado.

3.5 FALHAS DE REBITES

De forma geral, o desenho das juntas rebitadas é baseado na teoria de que a resistência total da junta é simplesmente a soma das resistências parciais de todo o grupo de rebites. Sendo assim, fica óbvio que, se um rebite falhar, sua carga é imediatamente suportada pelos outros do grupo. Caso eles sejam incapazes de suportar esse esforço extra, ocorre uma falha progressiva da junta.

As concentrações de estresse geralmente provocam a falha de um rebite primeiro, e uma análise cuidadosa desse rebite irá indicar que ele foi sobrecarregado, com a possibilidade de que os rebites vizinhos tenham falhado parcialmente.

Cisalhamento

O cisalhamento é, talvez, a falha mais comum em rebites. Consiste na quebra do corpo do rebite devido a forças atuando ao longo do avião sobre duas chapas adjacentes, causando um deslizamento que pode degolar os rebites. Se a carga exceder o ponto de ruptura do material e permanecer sobrecarregando o rebite, haverá um movimento permanente entre as chapas, e o corpo do rebite pode ficar trabalhado.

Falha de Apoio

Se o rebite for excessivamente resistente ao cisalhamento, ocorre uma falha de apoio na chapa, nas bordas do furo do rebite. A aplicação de rebites grandes em chapas finas gera esse tipo de problema.

Neste caso, a chapa apresenta uma compressão ou empenamento local, e o empenamento destrói a rigidez da junta. As vibrações, geradas pela operação do motor ou pelas correntes de ar em voo, podem fazer com que a parte empenada oscile, e que o material se parta próximo à cabeça do rebite.

Se ocorrer um empenamento na extremidade de uma chapa, provocará um rasgo no revestimento. Em ambos os casos, torna-se necessária a substituição da chapa.

Falha da Cabeça

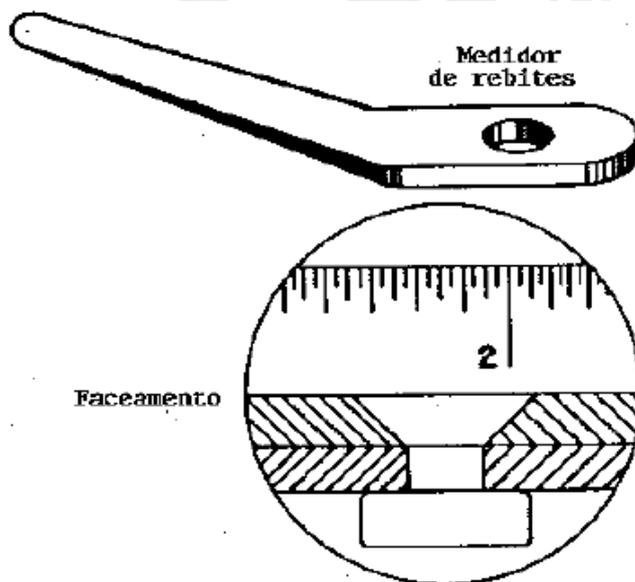
Poderá ocorrer uma falha da cabeça do rebite devido a cargas complexas que ocorrem em uma junta, causando estresses de tensão que são aplicados à cabeça do rebite.

A cabeça pode falhar por cisalhamento na área correspondente ao corpo do rebite, ou, em chapas mais finas, ela pode falhar através de uma ação de alavanca que provoca a falha da cabeça do rebite. Qualquer distorção visível na cabeça de um rebite é motivo para substituição. Este último tipo de falha da cabeça é especialmente comum em rebites cegos.

Inspeção de Rebites

Para obtermos uma elevada eficiência estrutural na construção e manutenção de aeronaves, devemos inspecionar todos os rebites antes que a parte seja utilizada em serviço. Essa inspeção consiste no exame das duas cabeças do rebite e da estrutura adjacente quanto a deformidades.

Uma régua ou medidor de rebites pode ser usado para checar as condições de fixação da cabeça do rebite, para verificar sua conformidade com os requisitos. Deformidades na cabeça original podem ser detectadas a olho nu, com um pouco de treinamento. Contudo, em rebites escareados, podemos usar uma régua plana, como mostra a figura 5-53.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-53 Ferramentas para medir rebitagem.

Algumas causas de rebitagem deficiente são: apoio incorreto, escorregamento do conjunto ou um ângulo errado de aplicação, e rebites e/ou furos no tamanho errado.

Causas adicionais de uma rebitagem insatisfatória são: rebites escareados desnivelados com a superfície da chapa, chapa mal fixada durante a rebitagem, presença de rebarbas, rebites muito duros, força de mais ou de menos, e rebites fora do alinhamento.

Ocasionalmente, durante um reparo estrutural de uma aeronave, é bom examinar as partes adjacentes para verificar a condição dos rebites. Fazendo isso, pode ser necessário remover a tinta. A presença de tinta rachada ou trincada ao redor da cabeça de rebites pode indicar rebites trabalhando ou soltos. Devemos procurar por rebites com a cabeça trincada ou sem cabeça. Se as cabeças estiverem viradas ou se os rebites estiverem soltos, eles

aparecerão em grupos de rebites consecutivos e provavelmente estarão virados na mesma direção. Se as cabeças que parecerem viradas não estiverem em grupo, nem na mesma direção, provavelmente esse giro ocorreu durante a instalação do rebite.

Inspecionamos os rebites expostos a cargas críticas, mas que não mostrem distorções visíveis, desbastando a cabeça com uma broca e empurrando o rebite para fora do seu alojamento.

Se, no exame, o rebite parece trabalhar e os furos na chapa parecem estar desalinhados, o rebite falhou por cisalhamento. Neste caso, tentamos descobrir o que está provocando o estresse de cisalhamento e tomamos a providência necessária. Rebites escareados que apresentem sinais de deslizamento dentro da depressão, indicando tanto uma falha de apoio ou falha por cisalhamento, devem ser removidos para inspeção e substituição. Estriamentos nos corpos de rebites removidos, indicam falha parcial por cisalhamento. Substituímos esses rebites pelo tamanho imediatamente maior.

Ainda, se os furos de rebites apresentarem alongamento, os substituímos pelo tamanho imediatamente superior. Falhas na chapa (tais como rasgos, rachaduras entre rebites, e etc.) geralmente indicam rebites danificados, e um reparo completo na junta pode requerer a substituição de rebites menores por maiores.

A prática geral de substituição de rebites por um tamanho superior (1/32 da polegada maior em diâmetro) é necessária para obtermos a resistência adequada na junta da chapa e do rebite quando o furo alongado for substituído por um rebite do mesmo tamanho. Sua habilidade de suportar parte da carga de cisalhamento é reduzida, resultando no enfraquecimento da junta.

3.6 REMOÇÃO DE REBITES

Na remoção de um rebite para substituição, temos todo o cuidado para que o furo do rebite mantenha seu tamanho e forma original, de forma que não seja necessário usar um rebite maior. Se o rebite não for adequadamente removido, a resistência da junta ficará comprometida, tornando a substituição do rebite ainda mais difícil.

Durante a remoção, agimos na cabeça fabricada e não na amassada. Ela é mais simétrica em relação ao corpo do rebite, e haverá menor chance de danificar o furo do rebite ou o material adjacente.

Para remover os rebites, usamos ferramentas manuais, uma furadeira elétrica ou uma combinação de ambas. O melhor método é desbastar com uma broca a cabeça do rebite e bater o resto do rebite com um punção.

Primeiro, limamos a cabeça para que ela fique plana, e então a marcamos com um punção para furá-la. Em chapa fina, calcamos o rebite por trás durante o puncionamento para evitar o amassamento da chapa. O rebaixamento nos rebites 2117-T geralmente elimina a necessidade de limagem e puncionamento da cabeça do rebite.

Escolhemos uma broca, uma medida menor que o corpo do rebite, e desbastamos a cabeça deste. Quando usarmos uma furadeira elétrica, apoiamos a broca sobre o rebite e giramos o mandril diversas voltas, normalmente antes de ligar a furadeira. Esse procedimento ajuda a cortar um ponto de partida e elimina a chance de deslizamento da broca riscando a chapa. Furamos o rebite até a profundidade de sua cabeça, em ângulo de 90°. Não há necessidade de furar muito fundo pois o corpo do rebite pode girar com a broca e causar danos.

A cabeça do rebite se partirá e subirá para a broca, o que é um bom sinal para afastar esta. Se a cabeça do rebite não soltar, inserimos um punção fino no furo, e torcemos um pouco para ambos os lados até que a cabeça solte.

Retiramos o corpo do rebite com um punção de diâmetro menor que o normal. Em metais finos ou em estruturas sem suporte, apoiamos a chapa em uma barra de apoio, enquanto retiramos o rebite. Se o rebite estiver muito difícil de sair, mesmo depois de retirada a cabeça, o desbastamos aproximadamente dois terços do corpo, e depois batemos com um punção.

O procedimento para a remoção de rebites escareados é o mesmo já descrito, com exceção da limagem que não é necessária. Devemos ter muito cuidado para não alargar o furo. A cabeça do rebite deve ser desbastada até a metade da espessura da chapa externa.

3.7 REBITES ESPECIAIS

Há muitos lugares em uma aeronave onde o acesso a ambos os lados de uma estrutura rebitada ou parte estrutural é impossível, ou onde o espaço limitado não permite o uso de uma barra de apoio.

Além disso, na fixação de muitas partes não estruturais, tais como acabamentos de interior, pisos, polainas de degelo e etc., a grande resistência de rebites maciços não é necessária.

Em tais aplicações, foram desenhados rebites especiais que podem ser assentados apenas pela frente.

Eles, às vezes, são mais leves que os rebites maciços e, ainda assim, são bastante fortes para o uso desejado. Esses rebites são fabricados por muitas empresas e possuem características únicas que requerem ferramentas de instalação especiais e procedimentos de instalação e remoção, também especiais. Por serem utilizados em locais onde uma das cabeças não pode ser vista (geralmente a amassada), eles também são conhecidos como rebites cegos.

Os vários tipos de rebites expandidos mecanicamente, sua fabricação, composição, usos, seleção e identificação, foram discutidos no Capítulo 6, Materiais de Aviação e Processos, no livro de Generalidades. As técnicas de instalação serão abrangidas nesta seção.

CHERRYLOCK				Dimensões de escareamento						
Diâm. rebite	Broca	Mínimo	Máximo	Cabeça 100° MS 20426		Cabeça 100° NAS1097		Cabeça 90° Uni-sink		
				Diâm. rebite	C Max.	C Min.	C Max.	C Min.	C Max.	C Min.
3/32	#40	.097	.100	3/32	.182	.176	—	—	—	—
1/8	#30	.129	.132	1/8	.228	.222	.195	.189	.173	.167
5/32	#20	.160	.164	5/32	.289	.283	.246	.240	.216	.210
3/16	#10	.192	.196	3/16	.356	.350	.302	.296	.258	.252
1/4	F	.256	.261	1/4	.479	.473	.395	.389	—	—
Cherrylock com bulbo										
1/8	#27	.143	.146							
5/32	#16	.176	.180							
3/16	#5	.205	.209							

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-54 Dados para instalação de rebites "Cherrylock".

Ferramentas para Instalação

As ferramentas usadas na instalação de rebites auto travantes dependem do fabricante do rebite a ser usado.

Cada fabricante desenhou ferramentas especiais, que devem ser sempre usadas para assegurar resultados satisfatórios com seu produto.

Há, tanto ferramentas manuais como pneumáticas disponíveis. Após a seleção ou determinação do rebite a ser usado em uma instalação, devemos determinar o tamanho de broca adequado.

Geralmente os fabricantes recomendam os seguintes tamanhos de brocas de acabamento para os diâmetros mais comuns (figura 5-54).

Tomamos cuidado ao furar o metal. Seguramos a furadeira em ângulo reto com a chapa para não alongar o furo.

O rebite cego não se expande tanto quanto um rebite maciço. Se o furo for muito largo ou alongado, o rebite não encherá adequadamente o furo realizado.

Podemos usar furadeiras comuns manuais, elétricas ou pneumáticas para fazer os furos. Alguns fabricantes recomendam uma pré furação, outros não.

O equipamento usado para puxar a haste do rebite, dependerá do fabricante do rebite. Há máquinas tanto manuais como operadas a motor para esse propósito.

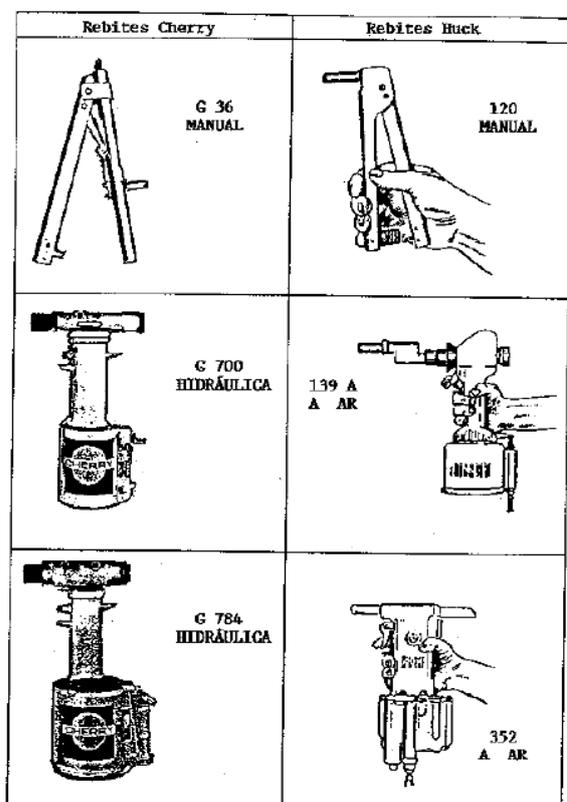
A nomenclatura das diversas ferramentas e conjuntos disponíveis dependerá de cada fabricante.

A utilização dos equipamentos é basicamente a mesma. Tanto faz que o equipamento seja chamado ferramenta manual ou pneumática, pistola manual ou pneumática (figura 5-55) pois todas são utilizadas com um único objetivo, a instalação correta de um rebite.

A escolha das ferramentas de instalação é influenciada por diversos fatores: a quantidade de rebites a serem instalados, a disponibilidade de ar comprimido, a facilidade de acesso, o tamanho e tipo de rebite a ser instalado.

Além da máquina de rebitar, é necessário escolher o puxador adequado para completar a instalação.

A escolha do puxador adequado é de importância primordial, uma vez que ele compensa as variações de estilo e diâmetro de cabeça dos rebites.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-55 Ferramentas para instalação de rebites autotravantes (trava por fricção).

Pelo fato da nossa escolha depender dos rebites a serem instalados, consultamos a literatura do fabricante aplicável.

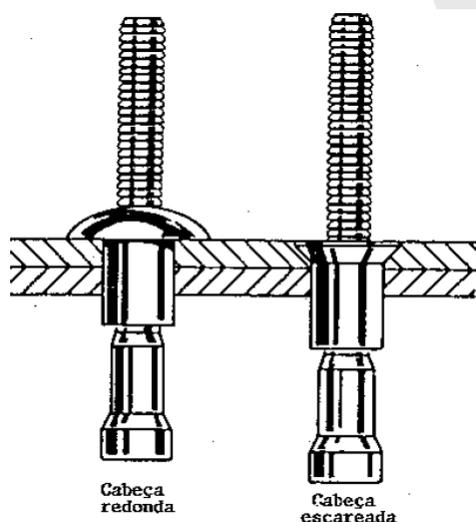
3.8 REBITES AUTOTRAVANTES (TRAVA POR FRICÇÃO)

Os rebites autotravantes são fabricados em dois estilos mais comuns: (1) Uma cabeça protuberante semelhante ao AN470 ou cabeça universal, e (2) uma cabeça escareada em 100°. Há outros estilos disponíveis em alguns fabricantes.

A haste do rebite autotravante pode possuir um nó ou botão em sua parte superior, ou ele pode ter uma parte serrilhada como mostrado na figura 5-56.

A sequência de passos a serem seguidos na instalação de rebites autotravantes é basicamente, a mesma usada para rebites maciços, porém, os métodos e equipamentos variam. Os seguintes passos são típicos para qualquer instalação:

- (1) Selecionar o rebite a ser instalado determinado pela espessura do material a ser rebitado, pela resistência desejada no conjunto, e pela localização da instalação (cabeça protuberante ou escareada);
- (2) Fazer o(s) furo(s) - determinar o tamanho da broca a ser usada, não alongar o furo do rebite, remover as rebarbas e usar um batente, se necessário;
- (3) Instalar o rebite - certificar-se de que a cabeça do rebite esteja bem apoiada, posicionar a ferramenta selecionada sobre a haste do rebite, puxá-la até que a haste arrebente, aplicar aproximadamente 15 libras de pressão à extremidade da haste, e limá-la na cabeça do rebite. Se a forma aerodinâmica for um fator importante, a haste poderá ser raspada com um raspador de rebites adequado.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-56 Rebites de autocravação (travados por atrito).

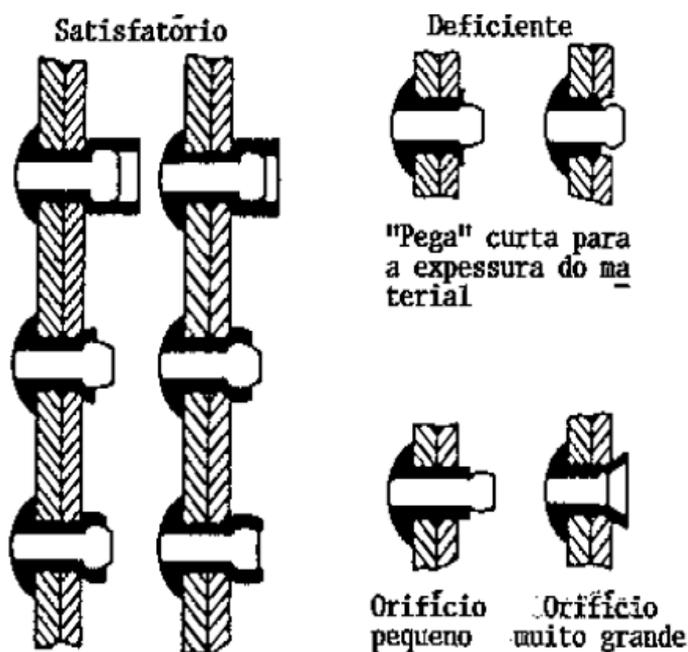
Inspeção

A inspeção de rebites autotravantes é muito limitada. Geralmente a única inspeção que pode ser feita é na cabeça do rebite.

Ele deve estar bem encaixado no metal. A haste do rebite deve ser aparada próximo à superfície de sua (do rebite) cabeça, seja ela protuberante ou escareada.

Se pudermos ver a cabeça amassada por dentro do rebite, o inspecionamos quanto aos requisitos ilustrados na figura 5-57.

Quando a cabeça do rebite é considerada insatisfatória, removemos o rebite e instalamos outro em seu lugar.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

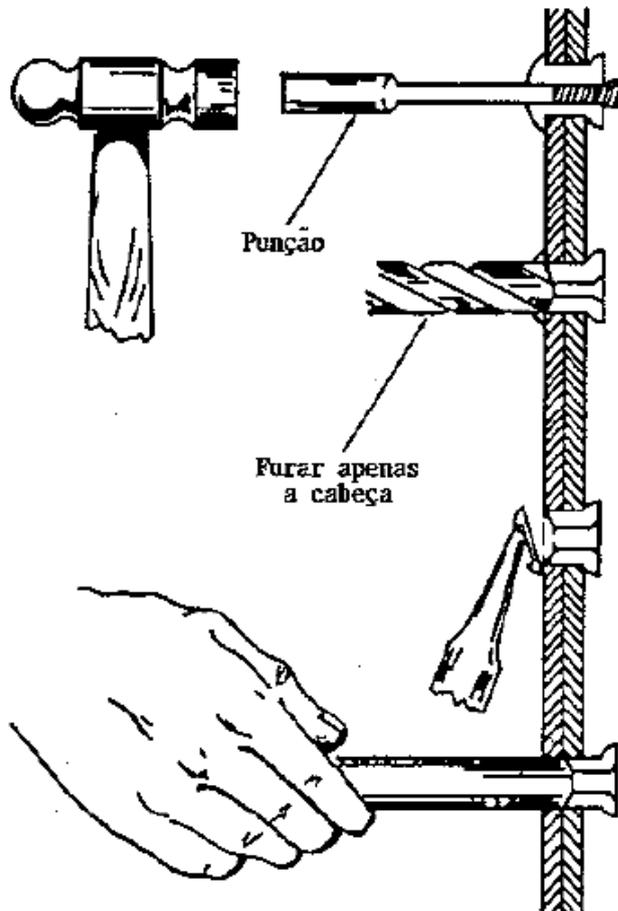
Figura 5-57 Inspeção de rebites de auto cravação (travados por atrito).

Remoção

Os rebites autotravantes são removidos da mesma maneira que os rebites maciços, exceto ao passo preliminar de se extrair a haste (figura 5-58). Os seguintes passos devem ser usados na sequência adequada:

- 1) Extrair a haste do rebite com um punção toca-pinos.
- 2) Desbastar a cabeça do rebite com uma broca do mesmo tamanho que o corpo do rebite.
- 3) Retirar a cabeça do rebite com um punção.

4) Empurrar o resto do corpo do rebite com um punção. Se o rebite não sair, desbastá-lo com uma broca, tomando o cuidado de não aumentar o furo no material.



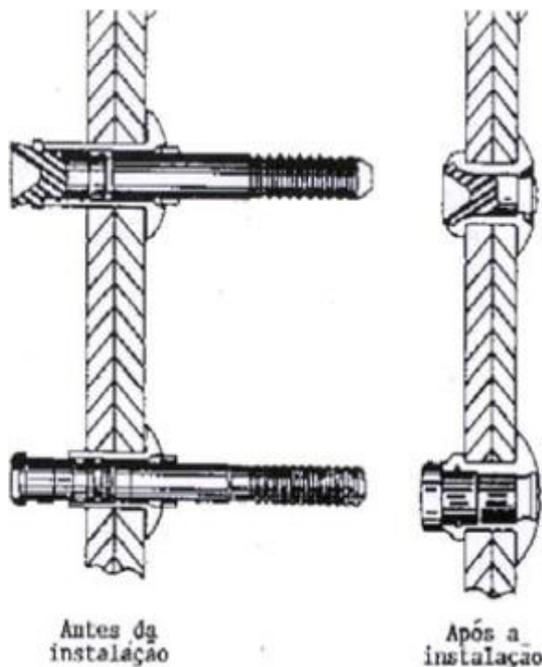
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-58 Remoção de rebites de autocravação (travados por atrito).

3.9 REBITES AUTOTRAVANTES (TRAVA MECÂNICA)

Esses rebites são semelhantes aos de trava por fricção, exceto quanto à maneira pela qual se fixam no material.

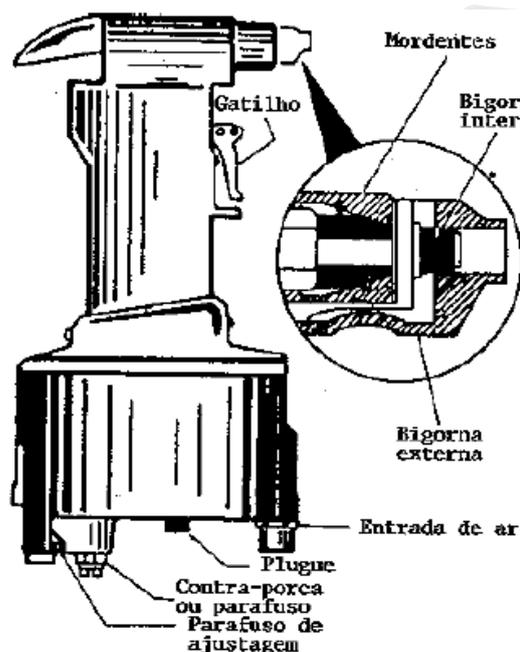
Esse tipo de rebite possui um colar de travamento mecânico positivo, resistente a vibrações que poderiam causar a falha de rebites de trava por fricção (figura 5-59).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-59 Rebites autotravantes (trava mecânica).

O rebite de trava mecânica sempre arrebenta sua haste alinhado com a superfície da cabeça e geralmente não requer uma limagem ou raspagem posterior, quando adequadamente instalados. Os rebites autotravantes por trava mecânica possuem as mesmas qualidades de resistência dos rebites maciços e, na maioria dos casos, podem substituir rebite a rebite.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-60 Ferramenta para rebites Huck, modelo CP350.

Rebite "Huck"

Os rebites autotravantes por trava mecânica requerem ferramentas especiais. É melhor usar ferramentas feitas pelo fabricante que produziu o rebite.

O rebite Huck CKL é instalado usando-se a ferramenta para rebite cego CP350. A ponta da ferramenta inclui: (1) Um conjunto de mordentes que se encaixam ao serrilhado da haste e puxam-na através do corpo do rebite para assentá-lo; (2) Uma bigorna externa que se apoia contra a parte externa da cabeça do rebite durante a instalação; e (3) uma bigorna interna que avança automaticamente para colocar o colar do travamento na posição depois de formar a cabeça cega (figura 5-60).

Uma mudança do diâmetro do rebite requer a mudança dos mordentes da bigorna externa e do mancal de força interno, e um ajuste da pressão de operação.

Os procedimentos de ajuste são especificados pelo fabricante.

Rebites "Cherrylock"

Os rebites Cherrylock são instalados através de ferramenta hidráulica ou mecânica. O sistema hidráulico possui um desenho moderno, e quando disponível deve ser usado em vez do sistema mecânico.

Ferramenta Mecânica para Cherrylock

A maioria dos rebitadores para Cherry, tanto manuais como a motor, podem ser usados para instalar rebites Cherrylock quando equipados com a cabeça puxadora adequadamente. As cabeças puxadoras mecânicas para Cherrylock são geralmente de dois tipos: a série H615 (figura 5-61) e a série H640 (figura 5-62). Elas só diferem nas suas fixações ao rebitador. A série H615 é para as ferramentas menores atarraxadas e a série H640 é para as ferramentas maiores de encaixe. Ambas as cabeças puxadoras instalarão rebites Cherrylock trefilados ou com bulbo.



DIAM. DO REBITE	Nº DA CABEÇA PUXADORA
1/8"	H615-4C { UNIVERSAL ESCAREADA H615-4S UNI-SINK
5/32"	H615-5C { UNIVERSAL ESCAREADA H615-5S UNI-SINK
3/16"	H615-6C { UNIVERSAL ESCAREADA H615-6S UNI-SINK

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-61 Cabeça puxadora série H615.



DIAM. DO REBITE	Nº DA CABEÇA PUXADORA
1/8"	H640-4C { UNIVERSAL ESCAREADA H640-4S UNI-SINK
5/32"	H640-5C { UNIVERSAL ESCAREADA H640-5S UNI-SINK
3/16"	H640-6C { UNIVERSAL ESCAREADA H640-6S UNI-SINK
1/4"	H640-8C { UNIVERSAL ESCAREADA

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-62 Cabeça puxadora série H640.

Uma cabeça puxadora em separado é necessária para instalar cada diâmetro de rebite Cherrylock. É recomendável o uso de cabeças em separado para rebites de cabeça universal e escareada, porém as cabeças puxadoras escareadas podem ser usadas em ambos os estilos.

Ferramenta Hidráulica para Cherrylock

Este sistema possui projeto moderno, no qual a sequência de operações necessárias à instalação dos rebites é regulada hidraulicamente, dentro da ferramenta, ao invés de um sistema mecânico para puxar a haste. A única ferramenta hidráulica Cherrylock que puxa a haste do rebite é a H681 (figura 5-63).

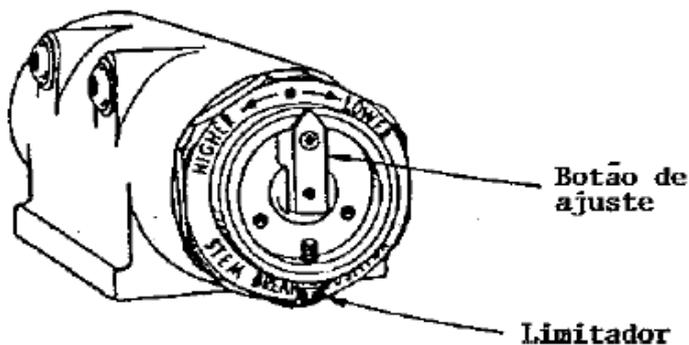


DIÂM. DO REBITE	Nº DA CABEÇA PUXADORA	DIMENSÕES		
		A	B	
3/32"	H681-3C	UNIVERSAL	.189	.346
		ESCAREADA	.163	.331
1/8"	H681-4C	UNIVERSAL	.250	.359
		ESCAREADA	.208	.341
		H681-B166-4 UNI-SINK	.250	.359
5/32"	H681-5C	UNIVERSAL	.313	.377
		ESCAREADA	.269	.352
		H681-B166-5 UNI-SINK	.313	.377
3/16"	H681-6C	UNIVERSAL	.375	.419
		ESCAREADA	.335	.385
		H681-B166-6 UNI-SINK	.375	.419
1/4"	H681-8C	UNIVERSAL	.500	.452
		ESCAREADA	.458	.398

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-63 Cabeça puxadora série H681.

É necessário um puxador de haste H681 em separado para cada diâmetro de rebite Cherrylock. Há puxadores em separado recomendados para o rebite de cabeça universal e escareada, porém os utilizados para o rebite escareado pode ser usado em ambos.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-64 Ajustador do puxador de cabeça de rebite H681.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-65 Ferramentas puxadoras "Hydroshift".

Os rebitadores hidráulicos são ajustados na fábrica para romper a haste do rebite na altura da cabeça original, e ajustar o colar adequadamente. O ajuste frio pode ser feito pelo operador. Esse ajuste determina o nível de quebra da haste em relação à superfície superior da cabeça original (figura 5-64 e 5-65).

Procedimentos de Instalação

Os procedimentos de instalação de rebites autotravantes (trava mecânica) são basicamente os mesmos utilizados para a instalação de rebites de trava por fricção. As precauções a serem observadas são:

- 1) Certificar-se de que a faixa de pega correta tenha sido selecionada;
- 2) Usar sempre o conjunto de extremidade correto ou a ferramenta de puxar adequada ao diâmetro do rebite selecionado (Para o rebite CKL, ajustar a pressão correta de ar da ferramenta);

- 3) Na introdução do rebite na ferramenta e no material, fazer uma suave pressão contra a cabeça do rebite;
- 4) Verificar se o rebite está completamente assentado antes de erguer a ferramenta da cabeça do rebite (A haste deve romper-se);
- 5) Checar cada rebite após completar a sequência quanto à resistência da haste. (A haste do rebite deve ser rompida nivelada com a cabeça do rebite.)

Inspeção

A inspeção visual do assentamento do pino na cabeça original é o meio mais confiável e simples de inspecionar rebites com trava mecânica.

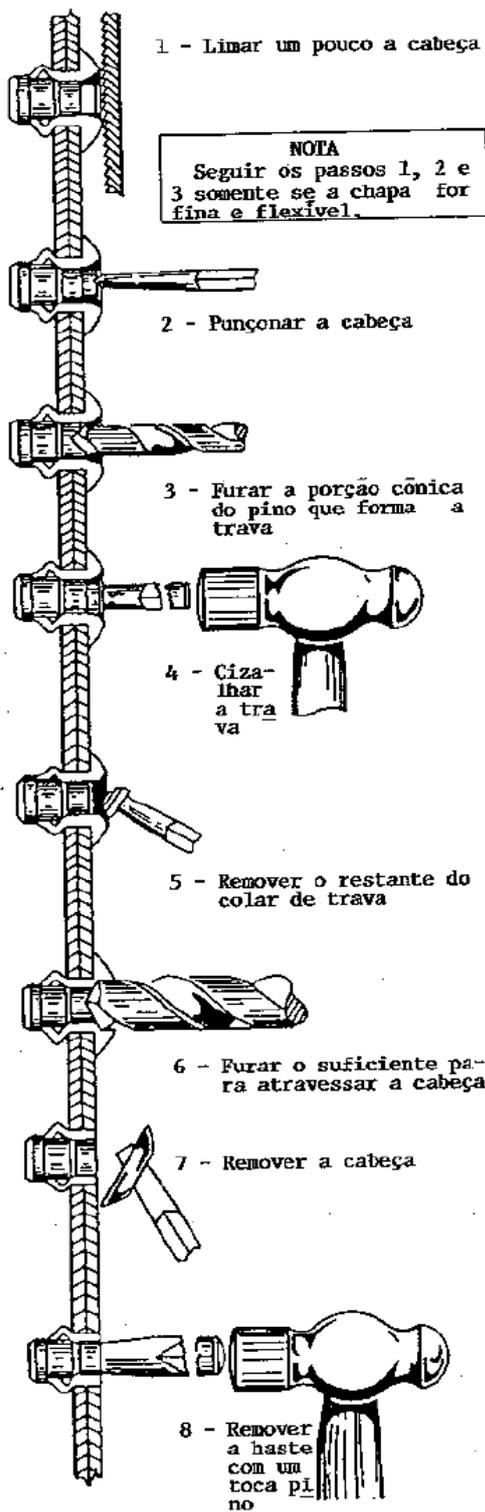
Se a faixa de pega adequada foi utilizada, e o colar trava e a extremidade rompida da haste estão aproximadamente nivelados com a cabeça original, o rebite terá sido corretamente assentado e travado.

Uma faixa de pega insuficiente é indicada pela quebra da haste abaixo da superfície da cabeça.

Uma pega excessiva é indicada pela ruptura da haste acima da superfície da cabeça. Em ambos os casos o colar trava não deve estar adequadamente assentado, causando uma trava insatisfatória.

Procedimentos de Remoção

O rebite com trava mecânica é facilmente removível, seguindo os procedimentos da figura 5-66.

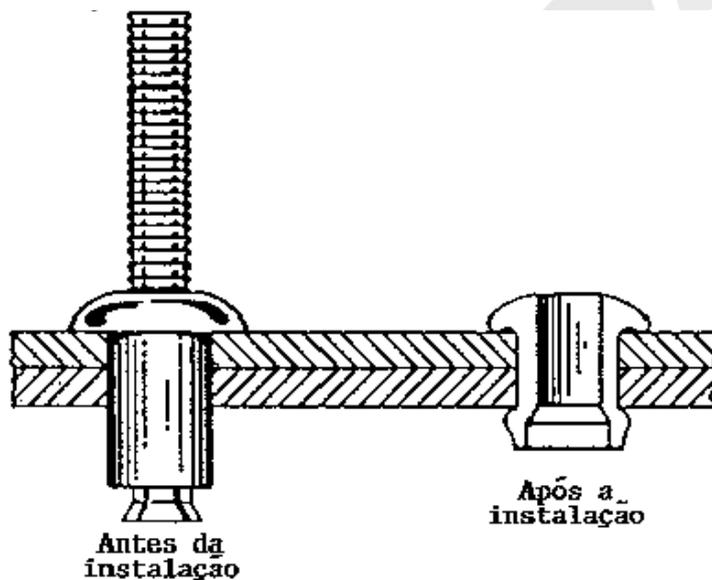


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-66 Remoção dos rebites.

3.10 REBITES "PULL-THRU"

Este tipo de rebite cego, expandido mecanicamente, é usado como tachinha para fixar conjuntos ou tubos ocos, e como ilhó. Ele difere dos dois rebites discutidos anteriormente, pois a haste é totalmente extraída do rebite durante a instalação. Os métodos e procedimentos para instalação, inspeção e remoção não são discutidos aqui devido ao uso limitado deste tipo de rebite na área de célula. A figura 5-67 ilustra um típico rebite "Pull-thru" antes e após a instalação.

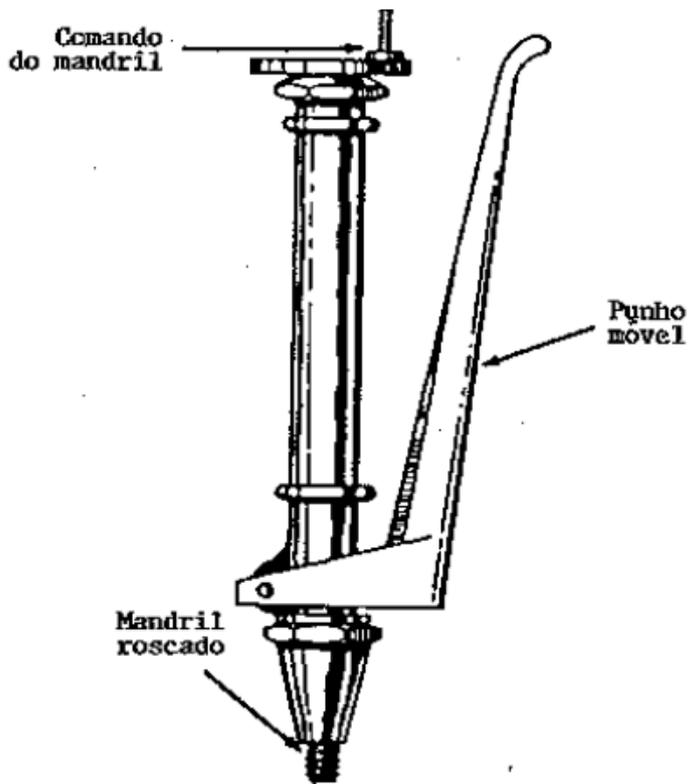


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-67 Rebite "Pull-thru".

"RIVNUT"

Rivnut é a marca do rebite cego oco de liga de alumínio 6053 rebaixado e rosca na parte interna. Os Rivnuts são geralmente colocados com uma ferramenta especial que assenta o rebite pelo lado cego do material (figura 5-68).



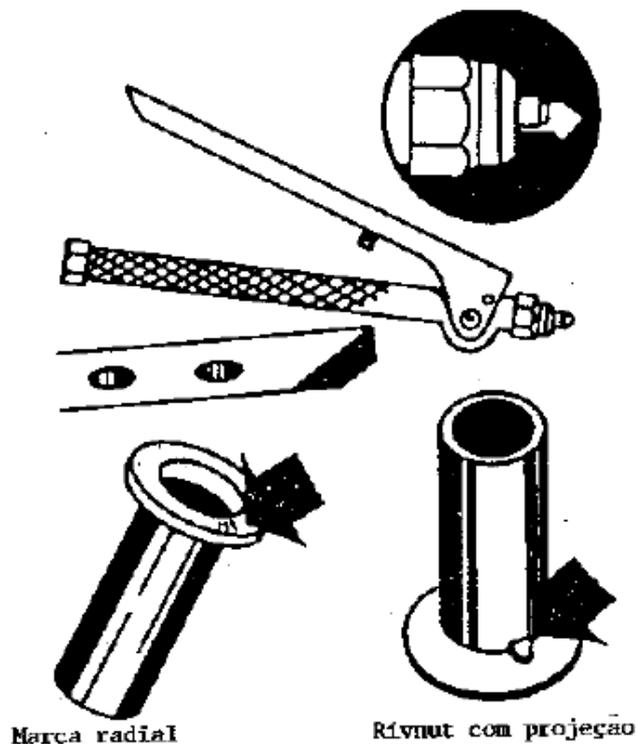
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-68 Ferramenta de rebiteamento de "Rivnut".

O Rivnut é rosqueado no mandril da ferramenta e inserido no furo. A ferramenta é mantida sempre em ângulo reto com o material, a manícula é apertada e o mandril é girado no sentido horário após cada esforço.

Continuamos apertando a manícula e girando a manivela do mandril até sentir uma forte resistência, indicando que o rebite foi assentado.

Todos os Rivnuts, exceto os de cabeça fina (0,048 polegada), tipo escareado, estão disponíveis com ou sem pequenas projeções presas à cabeça para evitar que o Rivnut gire. Os Rivnuts com projeções são usados como porcas, enquanto os sem projeções são utilizados em reparos por rebites cegos, onde não há a imposição de cargas de torque. Um cortador é necessário durante a instalação de Rivnuts com projeção (figura 5-69).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-69 Rivnut com projeção e ferramenta cortadora.

As ferramentas usadas na instalação de Rivnuts incluem ferramentas manuais, pneumáticas e o cortador. Todas as ferramentas de instalação possuem um mandril roscado no qual o Rivnut é rosqueado até que a sua cabeça faça batente na cabeça da ferramenta.

As ferramentas manuais são feitas em 3 tipos: (1) Reta, (2) 45°, e (3) 90°. As ferramentas pneumáticas são de 2 tipos: (1) alavanca e (2) punho afastado. Com a ferramenta pneumática, o rosqueamento, o recalçamento e o afastamento ou desrosqueamento são feitos pela pressão de ar através da manipulação de controles nas pontas dos dedos. O cortador corta apenas as projeções do rebite.

Em alguns casos, o cortador não pode ser usado devido ao material ser muito fino. Se o caso for este, utilizamos uma lima canelada pequena para fazer o encaixe da projeção.

Os fatores importantes a serem considerados na seleção de Rivnuts são o tamanho da pega, o estilo da cabeça, a condição da extremidade do Rivnut e a existência ou ausência de projeção.

O tamanho da pega é o fator mais importante. Esse valor pode ser determinado através do seu número. Por exemplo, um 6-45 tem uma pega máxima de 0,45 polegada. O procedimento a seguir, na determinação da faixa de pega, deve ser observado. A espessura total das chapas mostradas na figura 5-70 é o 0,0052 polegadas. Verificando na tabela de

Rivnuts da figura 5-70, nós vemos que 6-75 é o comprimento de pega a ser escolhido, uma vez que a pega máxima do tamanho precedente (6-45) é de apenas 0,045 polegadas e seria muito curta. A pega do Rivnut 6-75 varia de 0,045 até 0,075 polegadas.

O objetivo na instalação deste tipo de rebite é produzir um abaulamento ideal pelo lado cego do serviço, sem danificar a rosca interna do Rivnut. Em outras palavras, nos certificamos de que o abaulamento ocorre entre o primeiro fio de rosca do rebite e a borda inferior do material rebitado. O espaço entre o abaulamento ideal e o fio de rosca superior, onde a pega acontece, é chamado faixa de pega.

Na seleção do tipo de cabeça, aplicamos as mesmas regras usadas na colocação de rebites maciços. Selecionamos Rivnuts com projeção sempre que forem inseridos parafusos em seu orifício, e usamos Rivnuts tampados somente em lugares especiais, tais como compartimentos selados de flutuadores ou compartimentos pressurizados.

A confecção dos furos para os Rivnuts requer a mesma precisão utilizada para os rebites maciços. O corpo do Rivnut deve estar justo no furo. Para obter melhores resultados em uma instalação de rebite com cabeça chata, fazemos primeiro um furo piloto menor que o diâmetro do corpo do Rivnut, e depois o desbastamos até o tamanho correto.

Se forem usados Rivnuts com projeção, cortamos o encaixe para as projeções depois de desbastar o furo. Durante o corte, seguramos o cortador, de modo a fazer um ângulo de 90° com o serviço. Além disso, cortamos o entalhe na lateral do furo, longe da chapa, especialmente quando o Rivnut for usado em uma fileira externa. Operamos o cortador inserindo-o no furo e apertando as alavancas.

O uso de Rivnuts embutidos é limitado. Para um metal cuja espessura seja maior que o comprimento mínimo de pega do primeiro rebite de uma série, utilizamos um escareador; para um metal mais fino que o comprimento mínimo de pega do primeiro rebite, utilizamos o processo de rebaixamento. Não usamos o Rivnut escareado, a menos que o metal seja espesso o bastante para sofrer um escareamento, ou a menos que o verso da chapa seja acessível para um rebaixamento.

Para um Rivnut escareado, as chapas a serem unidas podem ser escareadas com máquina. Este método é preferido, porque a superfície de apoio em um furo rebaixado em uma chapa de espessura média ocupará normalmente toda a superfície de pega do Rivnut, limitando assim sua faixa de pega à de uma porca embutida.

Na instalação de Rivnuts, entre as coisas a serem checadas está o mandril roscado da ferramenta, para ver se está livre de rebarbas e lascas de metal oriundas da última utilização. Depois disto, atarraxamos o Rivnut no mandril até que sua cabeça encoste na bigorna.

Inserimos o Rivnut no furo (com a projeção posicionada na ranhura, (se for o caso) e seguramos a ferramenta em ângulo reto com o serviço. Pressionamos a cabeça do Rivnut firmemente contra a chapa, enquanto vagarosamente apertamos as alavancas da ferramenta até que o Rivnut comece a querer subir. Então, soltamos as alavancas, e depois aparafusamos o prisioneiro no Rivnut. Isso evita que a rosca do Rivnut seja danificada antes do assentamento final do rebite.

Apertamos novamente as alavancas até que o amassamento do Rivnut esteja completo. Removemos agora o prisioneiro da ferramenta do Rivnut girando a manivela do mandril no sentido anti-horário.

O movimento da ferramenta guia o Rivnut em direção à bigorna causa o amassamento da porção escareada do Rivnut, no lado inacessível do serviço. Esse amassamento é comparável à cabeça amassada de um rebite comum. O grau de amassamento requerido para assentar o Rivnut é melhor determinado através da prática. Evitamos espanar a rosca do Rivnut.

A instalação de um Rivnut estará incompleta até a inserção de um dos plugs desenhados para esse propósito ou de um parafuso para fins de fixação. Um Rivnut não apresenta toda sua resistência enquanto estiver oco.

Há 3 tipos de pinos roscados que podem ser usados: (1) o parafuso escareado de 100°, (2) o parafuso sem cabeça, e (3) o parafuso fino com cabeça oval. O parafuso escareado em 100° e o sem cabeça possuem encaixes Phillips ou Reed and Prince.

O parafuso de cabeça oval tanto poderá possuir um encaixe de fenda, ou um Phillips ou um Reed and Prince. Todos os pinos roscados são feitos em aço de alta resistência SAE e com banho de cádmio.

As mesmas ferramentas são usadas para a colocação de Rivnuts estriados, porém o prisioneiro de tração da ferramenta deve ser ajustado para acomodar o corpo mais longo.

3.11 "DILL LOK-SKRUS" E "LOK-RIVETS"

Dill Lok-Skrus e Lok-Rivets são marcas registradas de rebites com rosca interna (duas peças). Eles são usados na fixação cega de acessório tais como carenagens, carenagens de inspeção, portas de acesso, molduras de partes, janelas e similares. Lok-Skrus e Lok-Rivets são semelhantes ao Rivnut em aparência e aplicação. Contudo, os Lok-Skrus e os Lok-Rivets vêm em 3 partes e requerem mais espaço no lado cego que o Rivnut para acomodar o seu corpo.

São necessárias ferramentas especiais manuais e pneumáticas para a instalação de Lok-Skrus. Uma lâmina, intercambiável do corpo encaixa-se no punho da lâmina e é mantida no lugar por um parafuso de ajuste. A lâmina do corpo tem uma parte chata que se encaixa em uma fenda no fim do corpo do Lok-Skru. A ferramenta, para assentá-los, possui projeções que se encaixam em ranhuras na cabeça do LokSkru. As lâminas e ferramentas são intercambiáveis para uso em vários tamanhos e estilos de Lok-Skrus.

O procedimento de furação para LokSkru é idêntico ao utilizado em rebites de corpo maciço. Para instalar o Lok-Skru, inserimos a ferramenta de forma que a lâmina se estenda através da fenda do corpo, e a chave assente firmemente na fenda da cabeça. Inserimos o prendedor no furo. Encaixamos também a catraca, e ajustamos o sentido correto de aperto. Seguramos o punho da catraca e giramos o punho da lâmina do corpo para a esquerda, até que o corpo seja imprensado contra a chapa pelo lado oposto. Pressionamos a ferramenta firmemente contra o Lok-Skru para manter a lâmina da ferramenta e a chave na fenda. Paramos de girar o punho do corpo quando o corpo do Lok-Skru fizer batente contra a chapa.

Finalmente, apertamos com mais um quarto de volta ou menos, no punho da catraca, embutindo a cabeça na chapa. Nesse momento, seguramos o punho da lâmina parado enquanto gira o punho da catraca. Testamos o aperto com uma chave de fenda de 8 pol comum apoiada na extremidade. As fixações são feitas usando-se um parafuso de fixação e uma chave de fenda comum.

3.12 REBITES "DEUTSCH"

O rebite Deutsch é um rebite cego de alta resistência com resistência, ao cisalhamento mínimo de 75.000 p.s.i., e pode ser instalado por uma só pessoa. Esse rebite compõe-se de duas partes, uma luva de aço inoxidável e um pino guia de aço endurecido. O pino e a luva são revestidos com um lubrificante e um inibidor de corrosão.

Um rebite Deutsch pode ser assentado com um martelo comum ou com uma pistola pneumática e um conjunto de cabeça chata. Assentamos o rebite no orifício pré furado, e então inserimos o pino na luva. Se o rebite Deutsch for assentado em um furo apertado, um punção de apoio oco deve ser usado para assentar o rebite contra o material. O punção deve liberar o pino guia e apoiar-se na cabeça do rebite para evitar a expansão prematura da luva e da cabeça.

A introdução faz com que o pino exerça pressão contra a luva e force os lados desta para fora. Esse estiramento forma uma nova cabeça na extremidade do rebite e gera uma ação de fixação no prendedor.

O raio no topo da cabeça do rebite trava o pino à medida que forem dadas as últimas pancadas.

A cabeça do rebite Deutsch jamais deve ser raspada ou fresada. A fresagem (ou raspagem) destrói a ação de transpassar a segunda chapa de metal. Contudo, este tipo de instalação não é recomendada, a menos que a segunda chapa seja muito fraca.

Uma das principais restrições ao uso de rebites Deutsch, é que não se usa nenhum tipo de barra de apoio para absorver o esforço das pancadas. A estrutura onde é feita a instalação deverá ser bastante sólida e pesada para suportar os esforços de instalação.

Se um rebite Deutsch que se estenda através do material tiver que ser removido, usamos os mesmos procedimentos utilizados na remoção de um rebite maciço. A cabeça pode ser desbastada com uma broca, e o pino pode ser retirado com um punção toca-pino ligeiramente mais fino que o diâmetro dele. Para retirar a luva do material, usamos um punção toca-pino ligeiramente menor que o diâmetro da luva.

Se o rebite não se estender através do material, desbastamos o pino com uma broca até a metade de sua profundidade. Depois, inserimos um parafuso através de um espaçador e o apertamos na luva. Continuamos a apertar o parafuso até que a luva se solte.

3.13 REBITES "HI-SHEAR"

Os rebites Hi-Shear são essencialmente parafusos sem rosca. O pino possui uma cabeça em uma extremidade e é ranhurado ao redor da outra.

Um colar de metal é encaixado sob pressão na extremidade ranhurada, formando um encaixe muito firme.

O tamanho do rebite é determinado pelo "Part Number" ou por tentativa. O PN fornece o diâmetro e o comprimento da pega do rebite.

Para determinar o comprimento de pega correto por tentativa, inserimos um rebite de diâmetro correto no orifício. A parte reta do corpo não deve exceder mais que 1/16 pol através do material.

Inserimos o rebite de diâmetro correto no orifício, e colocamos o colar sobre a extremidade ranhurada do rebite. Checamos a posição do colar.

O colar deve ser posicionado de forma que a borda cisalhante da ranhura do pino esteja logo abaixo do topo do colar.

É aconselhável adicionarmos uma arruela de aço de 0,032 polegada (aproximadamente) entre o colar e o material. Assim, posicionamos o colar no lugar desejado. A arruela pode ser posicionada pelo lado da cabeça do rebite, quando for usado um rebite de cabeça chata.

Rebites Hi-Shear são instalados usando-se barras de apoio padrão e marteletes pneumáticos.

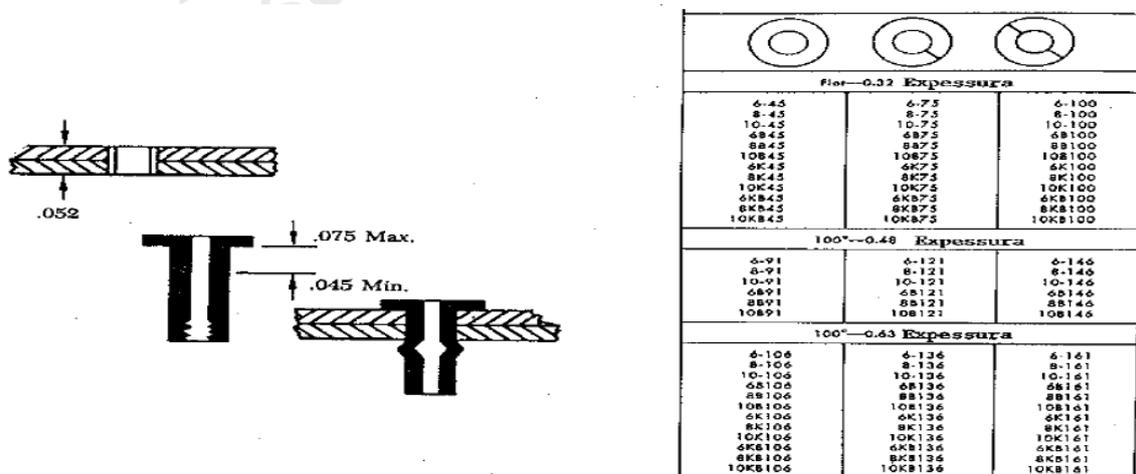
Eles requerem o uso de uma ferramenta especial que incorpora a introdução do colar, o aparador e uma saída, por onde o excesso do colar é expelido.

É necessário um tamanho de conjunto para cada diâmetro de corpo.

Preparamos os furos para os rebites com o mesmo cuidado com que o fazemos para rebites de tolerância mínima ou parafusos.

Às vezes é necessário bater a área sob a cabeça do pino, de modo que a cabeça do rebite possa encaixar firmemente contra o material.

A área batida deve ser 1/16 polegada maior em diâmetro que a cabeça do rebite.



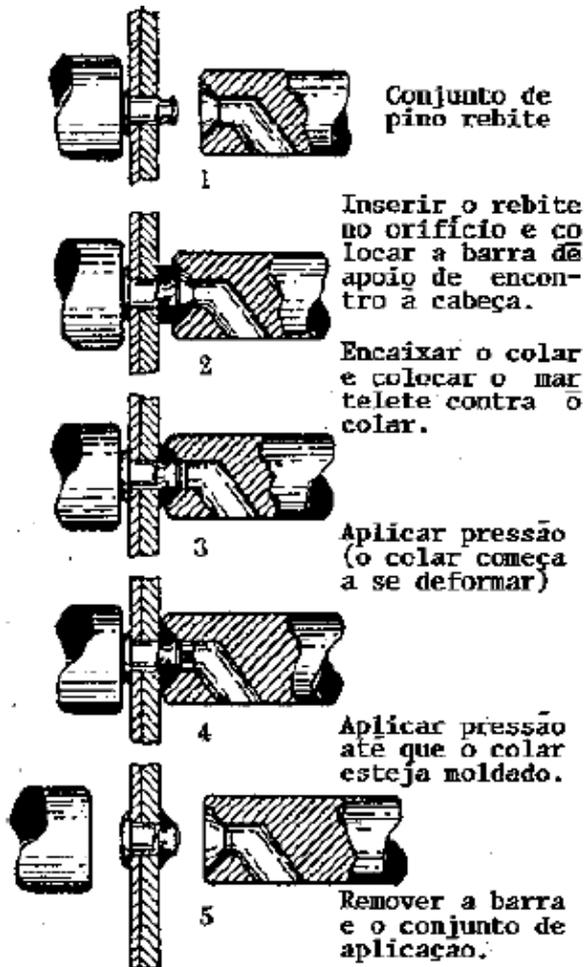
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-70 Determinação do tamanho da "pega" dos Rivnuts.

Os pinos rebites podem ser inseridos por ambos os lados. Os procedimentos para inserir esses rebites pela extremidade do colar são:

- 1) Inserir o rebite no furo;
- 2) Colocar a barra de apoio contra a cabeça do rebite;
- 3) Encaixar o colar sobre a extremidade protuberante do rebite;

- 4) Encaixar o conjunto e o martelete seleccionados anteriormente sobre o colar, e alinhar o martelete perpendicular ao material;
- 5) Apertar o gatilho, aplicando pressão sobre o colar. Isso causará a introdução do colar na ranhura da extremidade do rebite;
- 6) Continuar a introdução até que o colar esteja adequadamente moldado e o excesso seja aparado. (Ver figura 571).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-71 Usando um conjunto de pino rebite.

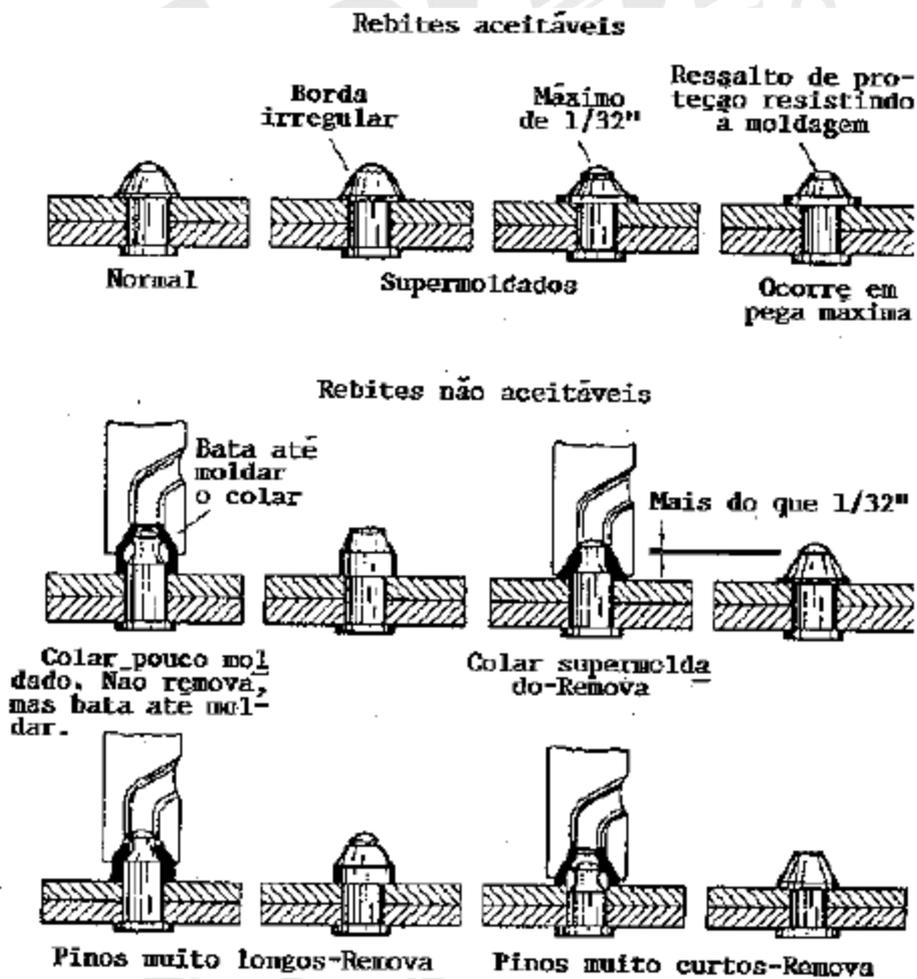
Os procedimentos para a inserção de pinos rebites a partir da extremidade com cabeça, são estes:

- (1) Inserir o rebite no orifício;
- (2) Encaixar o colar na extremidade ranhurada;
- (3) Encaixar o conjunto correto em uma barra de apoio, e fixar o conjunto contra o colar do rebite;

- (4) Aplicar pressão contra a cabeça do rebite, com um conjunto para rebite plano e um martetele pneumático;
- (5) Continuar a aplicar pressão até que o colar esteja moldado na ranhura, e o excesso de material seja aparado.

Inspeção

Os pinos rebites devem ser inspecionados por ambos os lados do material. A cabeça do rebite não deve ser danificada e deve encaixar-se firmemente contra o material. A figura 5-72 ilustra rebites aceitáveis e não aceitáveis.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-72 Inspeção de pinos rebites.

Remoção de Pinos Rebites

O método convencional de remoção de rebites através de furação com broca, pode ser utilizado em ambas as extremidades do pino rebite (figura 5-73).

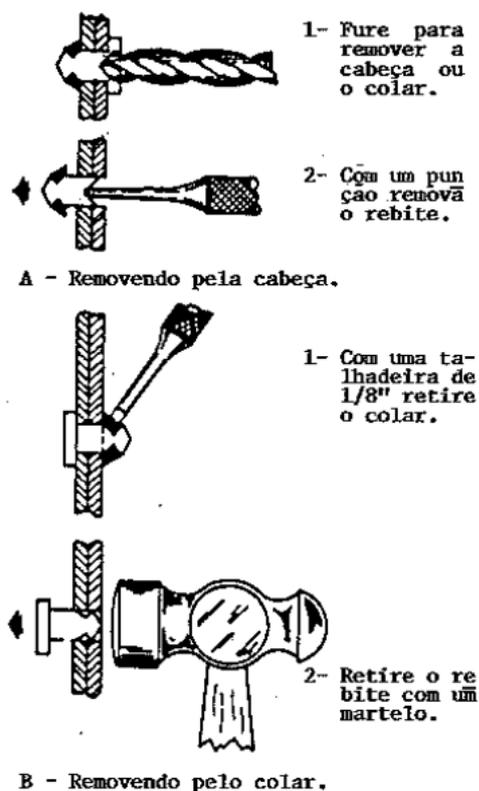
O puncionamento do miolo do rebite é recomendado antes de usar a broca. Em alguns casos, os métodos alternados podem ser adequados em condições particulares.

É preciso esmerilhar a ponta de um pequeno punção toca-pinos para obtermos uma largura de 1/8 pol. Essa ferramenta é posicionada perpendicularmente ao colar, e um martelo é usado para romper o colar, em um dos lados. Repetimos a operação no lado oposto. Então, com a lâmina de um punção, retiramos o colar do rebite. Batemos o rebite para fora do buraco.

Usamos um punção oco especial tendo uma ou mais lâminas colocadas para romper o colar. Separamos o colar da ranhura, e batemos o rebite para fora.

Esmerilhamos uma troques, de forma que suas lâminas cortem o colar em duas partes, ou a usamos em ângulo reto em relação ao rebite, e cortamos o pequeno pescoço deste.

Uma fresa oca para romper o colar pode ser usada em uma furadeira manual para permitir que o rebite seja batido para fora.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-73 Remoção de pinos rebites.



Fonte: www.webasas.com.br

MÓDULO IV

REPAROS EM AERONAVES

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Neste módulo estudaremos reparos passíveis de serem executados em aeronaves. No entanto, consultar as orientações contidas nos manuais das aeronaves constitui o primeiro passo para determinar a solução a ser aplicada.

Vamos juntos?!

4.1 TIPOS ESPECÍFICOS DE REPAROS

Antes de discutirmos qualquer tipo específico de reparo que possa ser feito em uma aeronave, devemos lembrar que os métodos, procedimentos e materiais mencionados nos próximos parágrafos são apenas típicos e não devem ser utilizados como um gabarito para o reparo.

Durante o reparo de um componente ou parte danificada, consultamos sempre a seção do Manual de Reparos Estruturais, aplicável à aeronave em questão. Normalmente

haverá ilustrações de reparos semelhantes dos tipos de materiais, rebites, e o espaçamento entre rebites, e também, os métodos e procedimentos a serem utilizados.

Qualquer informação adicional para a execução do reparo estará detalhada neste manual.

Se a informação necessária não for encontrada no Manual de Reparo Estrutural, tentaremos encontrar um reparo semelhante instalado na aeronave, pelo fabricante.

Reparo de Superfícies Lisas

Pequenos reparos, no revestimento externo de uma aeronave, podem ser feitos aplicando-se um remendo pelo lado interno da chapa afetada. Um tampão de enchimento deve ser instalado no buraco feito pela remoção da área danificada na chapa. Ele irá tampar os furos, e prover a superfície aerodinâmica necessária às aeronaves modernas.

O tamanho e o formato do remendo é, em geral, determinado pelo número de rebites requerido no reparo.

Se não for especificado de outra forma, calcularemos o número de rebites usando a fórmula dele.

Confeccionamos o remendo com o mesmo tipo de material do revestimento original, da mesma espessura ou ligeiramente maior.

Remendo Octogonal Alongado

Sempre que possível, usaremos um reparo octogonal alongado para reparar o revestimento.

Este tipo de reparo proporciona uma boa concentração de rebites dentro da área crítica de estresse, eliminando concentrações perigosas, e sendo muito simples de desenhar e planejar.

Esse reparo pode variar em comprimento de acordo com sua condição.

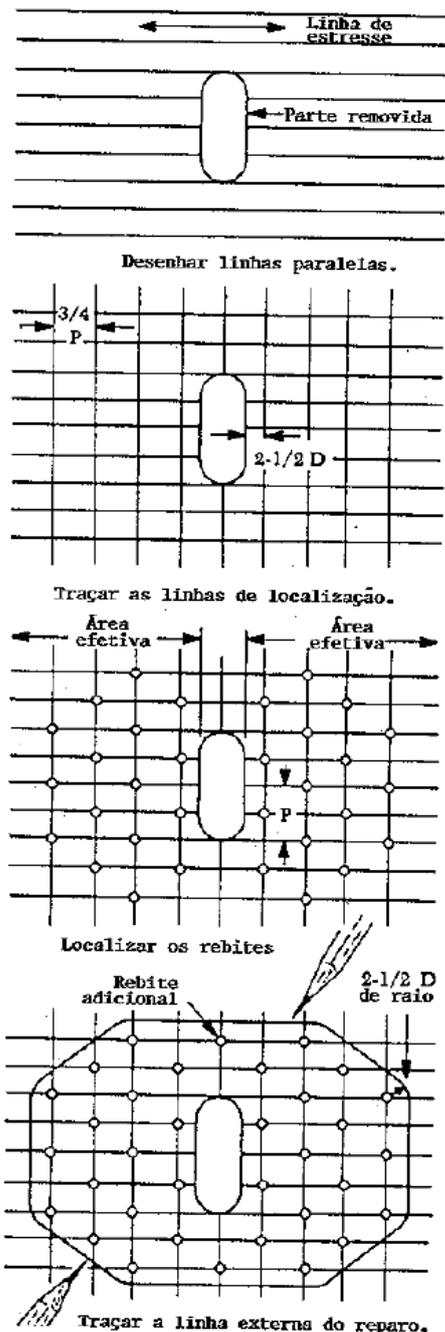
Sigamos os passos do planejamento mostrados na figura 5-74. Primeiramente, desenhamos as bordas da parte removida.

Depois, usando o espaçamento de 3 ou 4 vezes o diâmetro dos rebites a serem usados, desenhamos linhas paralelas à linha do estresse.

Posicionamos as linhas perpendiculares duas vezes e meia o diâmetro dos rebites, a partir das laterais do reparo e distanciamos as outras linhas com espaçamento de $3/4$ do intervalo entre rebites.

Marcamos os pontos para rebites em linhas alternadas perpendiculares às linhas de estresse para gerar um avanço entre as fileiras e estabelecer a distância entre os rebites (na mesma fileira) de aproximadamente 6 a 8 vezes o diâmetro.

Depois de localizar o número correto de rebites em cada face do reparo, adicionaremos mais alguns, se necessário, de forma que a distribuição seja uniforme.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-74 Remendo alongado.

Remendo Redondo

Utilizamos o remendo redondo em reparos de pequenos furos em superfícies aerodinâmicas. A distribuição uniforme dos rebites, ao redor da sua circunferência, faz deste reparo o ideal para lugares onde a direção do estresse é desconhecida, ou onde se sabe que ela muda frequentemente.

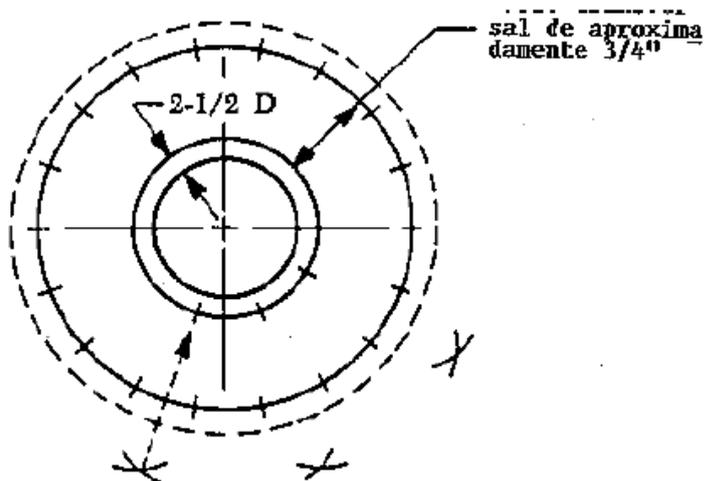
Se for usado um reparo com duas fileiras de rebites (figura 5-75), desenhamos, primeiramente, as bordas da área removida em um papel.

Desenhamos duas circunferências, uma com raio igual ao raio da área removida mais a distância da borda, e a outra com um raio $3/4$ maior que a primeira.

Determinamos o número de rebites a serem usados e distanciamos $2/3$ desse valor ao longo da fileira externa. Usando dois pontos para rebites adjacentes quaisquer, como centros, desenhamos arcos de interseção. Depois desenhamos uma linha, a partir do ponto de interseção dos arcos até o centro do reparo.

O mesmo é feito com cada par de pontos para rebites. Isso gerará um número de linhas igual à metade do número de rebites na fileira externa.

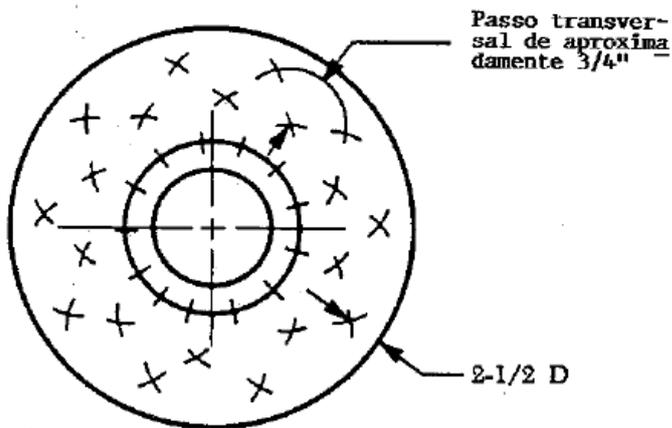
Colocaremos rebites onde essas linhas cruzarem com a circunferência interna. Depois, transferimos o desenho para o material do reparo, adicionando um pouco de margem nas bordas de pelo menos duas vezes e meia o diâmetro dos rebites.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-75 Desenho de um reparo com duas fileiras de rebites.

Usaremos um reparo redondo de 3 fileiras (figura 5-76), caso o número de rebites seja grande o bastante para causar uma distância entre eles (passo), menor que o número para um reparo de duas fileiras.

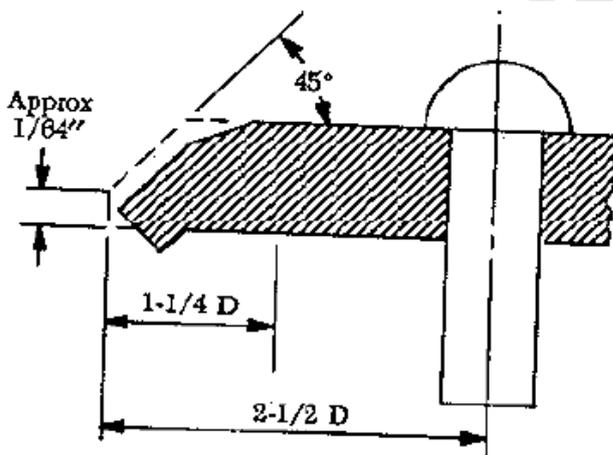


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-76 Desenho de um reparo com três fileiras de rebites.

Desenhamos as margens da área em um papel, e depois um círculo de raio igual ao da área removida mais a distância da dobra. Distribuímos igualmente 1/3 dos rebites requeridos nessa fileira.

Usando cada uma dessas posições de rebite como centro, desenhamos arcos com raio de 3/4 pol. Nos pontos de interseção, desenhamos a segunda fileira de rebites. A terceira fileira de rebites é desenhada de maneira semelhante. Deixamos uma margem de 2,5 vezes o diâmetro dos rebites, além da fileira externa e transferimos o desenho para o material do reparo. Depois de desenhar e cortar o reparo, removemos as rebarbas das bordas, chanfrando-as de todos os remendos externos em ângulo de 45°, e torcendo um pouco para dentro, de forma que se encaixem bem contra a superfície (figura 5-77).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-77 Bordas chanfradas e viradas.

Reparo de Painéis

Na construção de aeronaves, um painel é uma única chapa de metal do revestimento. Uma seção de painel é parte entre as cavernas e as vigas de reforço. Onde uma seção de revestimento estiver muito danificada, que seja impossível instalar um reparo padrão, deveremos instalar um reparo especial. O tipo de reparo requerido dependerá do reparo ser externo, interno ou nas bordas do painel.

O dano que, depois de aparado, possuir menos de 8,5 vezes o diâmetro dos rebites, usados pelo fabricante de material entre os membros estruturais, requererá um remendo que se estenda sobre os membros, mais uma fileira extra de rebites ao longo da lateral dos membros.

Para um dano que, depois de removido, tenha 8,5 vezes o diâmetro dos rebites ou mais de material, estenderemos o remendo, de forma a incluir a fileira de rebites do fabricante e mais uma adicional dentro dos membros.

Danos que se estendam até a borda de um painel, requerem somente uma fileira de rebites, a menos que o fabricante tenha usado mais de uma fileira.

Os procedimentos de reparo para as outras bordas do dano seguem os métodos previamente explicados. Os procedimentos de confecção de todos os 3 tipos de reparos de painel são semelhantes. Removemos a parte danificada dentro das limitações estabelecidas no parágrafo anterior.

Para aliviar o estresse nas pontas do orifício, as arredondamos com um raio mínimo de 1/2 polegada. Desenhamos a nova fileira de rebites, com um passo transversal de aproximadamente 5 vezes o diâmetro dos rebites, e avançamos os rebites em relação àqueles assentados pelo fabricante.

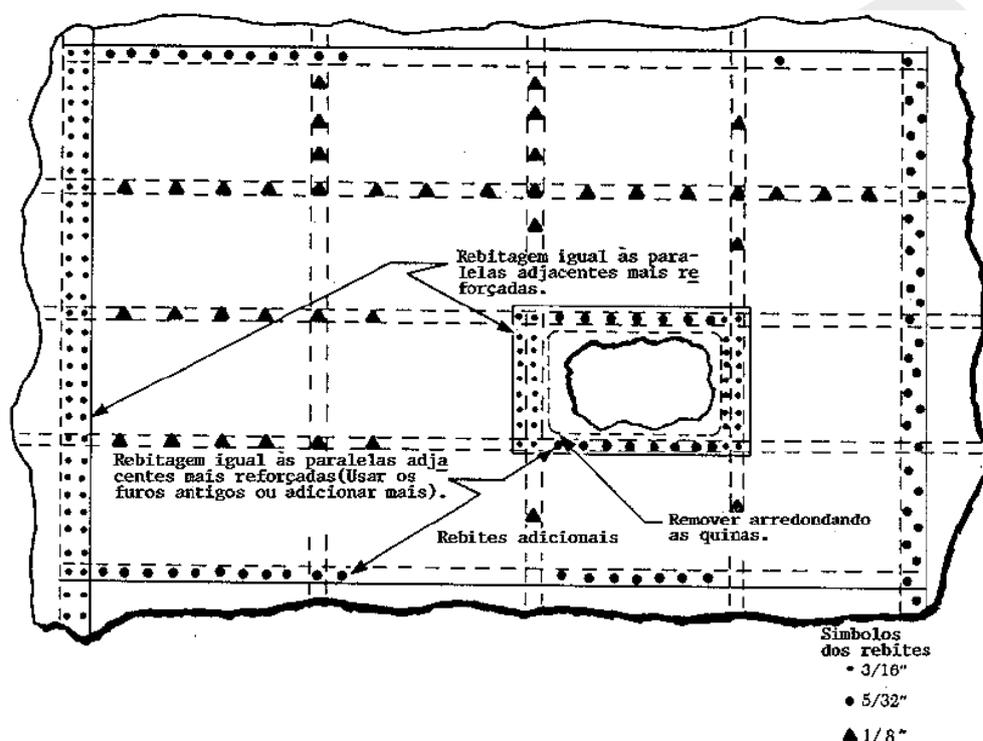
Cortamos o reparo do material da mesma espessura do original ou ligeiramente maior, deixando uma margem de 2,5 vezes o diâmetro dos rebites. Nas pontas, desenhamos arcos que possuam raio igual à distância da borda.

As bordas do reparo são chanfradas em ângulos de 45°, e o reparo é moldado de modo a encaixar-se na estrutura original.

Entortamos as bordas um pouco para baixo, de forma que as bordas fiquem bem encostadas.

Colocamos o reparo em sua posição, e fazemos um dos furos para rebite, prendendo o reparo no local, provisoriamente. Localizamos a posição do segundo furo, preparando-o e inserindo o segundo prendedor. Depois, pela face interna e através dos furos originais,

fazemos os furos restantes. Removemos as rebarbas dos furos e aplicamos um protetor contra corrosão, nas superfícies que ficarão em contato antes de rebitar o reparo no lugar.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-78 Remendo em painel de revestimento.

Reparo de Vigas de Reforço (Stringers)

As vigas de reforço da fuselagem estendem-se do nariz do avião até a cauda, e as vigas de reforço das asas estendem-se da fuselagem para as pontas das asas. As vigas de reforço das superfícies de controle geralmente se estendem pelo comprimento da superfície de controle. O revestimento da fuselagem, asa ou superfície de controle é rebitado às vigas de reforço.

As vigas de reforço podem ser danificadas por vibrações, corrosão ou colisão. Os danos são classificados como negligenciáveis, reparável por remendo e necessitando substituição do membro. Geralmente o dano envolve o revestimento e, em alguns casos, as cavernas ou falsas nervuras. Tais danos requerem uma combinação de reparos, envolvendo cada um dos membros danificados.

Por serem construídas em diversas formas, as vigas de reforço possuem procedimentos de reparo diferentes. O reparo pode requerer o uso de materiais pré-

moldados ou extrudados, ou pode requerer materiais moldados pelo mecânico de chapas. Alguns reparos podem necessitar ambos os tipos de materiais de reparo.

Durante o reparo de uma viga de reforço, primeiramente determinamos a extensão dos danos e então removemos os rebites da área adjacente. Depois, a área danificada é removida com uma serra para material, uma broca ou lima.

Na maioria dos casos, o reparo de uma viga de reforço requererá o uso de um ângulo de inserção e remendo. Durante a localização do ângulo de remendo de uma viga, nos certificaremos usando o Manual de Reparo Estrutural da aeronave. Algumas vigas são reparadas colocando-se o ângulo de reparo pelo interior, enquanto outras são reparadas pelo lado externo.

Utiliza-se comumente extrusões e materiais pré-moldados no reparo de ângulos e inserções ou enchimentos. Caso os ângulos de reparo e os enchimentos devam ser moldados a partir de uma chapa de metal, usaremos uma viradeira. Pode ser necessário calcular a tolerância de dobra, e linhas de visada, no cálculo dos desenhos e dobras para essas partes moldadas. Para reparos em vigas curvas, fazemos as partes de reparo de forma que elas se encaixem no contorno original.

No cálculo do número de rebites a serem usados no reparo, primeiramente determinamos a largura da chapa. Em vigas num ângulo tipo Bulbo, a largura será igual à seção transversal, mais três vezes a espessura do metal, mais a seção transversal para as vigas moldadas e ângulos.

Substituímos o valor obtido usando o procedimento acima, na fórmula de rebites, e calculamos o número de rebites requeridos. A distância entre rebites deverá ser a mesma que a usada pelo fabricante para fixar o revestimento à viga. No caso dessa distância exceder o valor máximo de 10 vezes o diâmetro dos rebites, colocaremos alguns rebites adicionais entre os originais. Esse passo não pode ser menos que 4 vezes o valor do diâmetro dos rebites.

Durante o projeto desse espaçamento deixamos uma margem de 2,5 vezes o diâmetro dos rebites de cada lado do reparo, até que todos os requisitos estejam marcados. Pelo menos 5 rebites devem ser inseridos em cada extremidade da seção reparada. Se o dano da viga requerer o uso de uma inserção ou enchimento de um comprimento, grande o bastante para justificar mais de 10 rebites, devemos usar dois ângulos de reparo.

Se o dano da viga ocorrer próximo a uma caverna, cortaremos a viga de reforço danificada de forma que apenas o enchimento vá ultrapassar a abertura na caverna. A caverna será enfraquecida se a abertura for aumentada, para acomodar tanto a viga como o ângulo de reparo. Dois ângulos de reparo devem ser usados para fazer um tal reparo.

Uma vez que o revestimento está preso às vigas, é quase sempre impossível fazer os furos para os remendos com uma furadeira pneumática comum. Esses furos podem ser feitos com uma furadeira angular. Na rebitagem de uma viga, pode ser necessário usar um conjunto diferente, e várias formas de barras de apoio.

Reparo de Falsas Nervuras ou de Cavernas

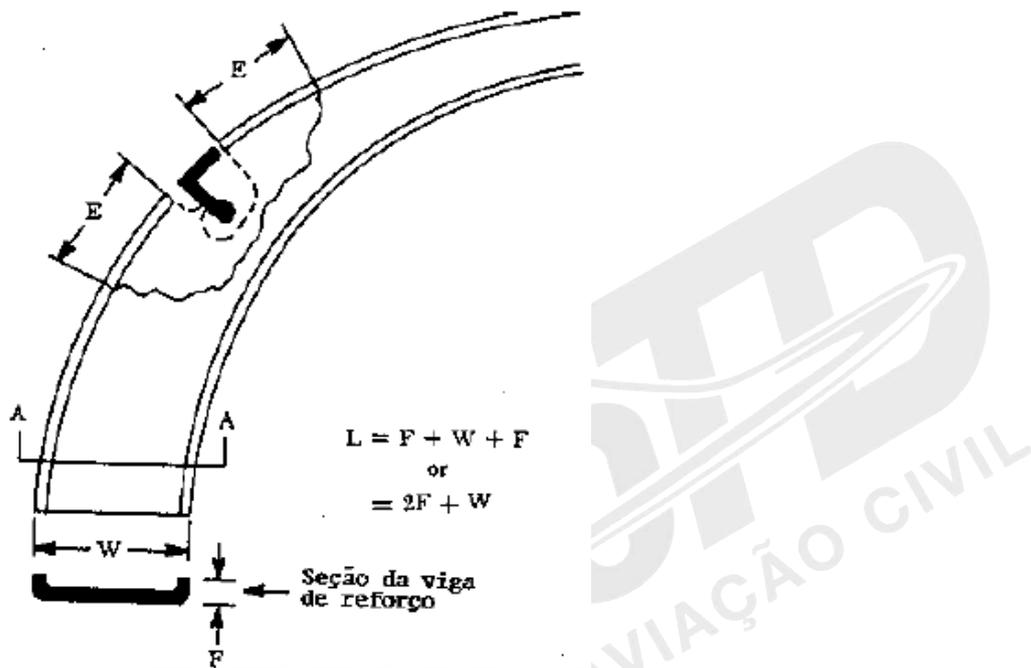
As cavernas, são os membros da fuselagem que lhe dão a forma, e mantêm o formato da estrutura. As cavernas ou as nervuras são chamadas de anéis de moldagem e outros nomes. Elas são projetadas para suportar cargas de estresse concentrado.

Há vários tipos de cavernas. O tipo mais comum é um canal curvo feito de chapa de metal com reforçadores. Outras possuem uma estrutura feita de chapa com ângulos extrudados, rebitados no lugar como reforçadores e flanges. A maioria desses membros são feitos de liga de alumínio. Falsas nervuras de aço resistente à corrosão são usadas em áreas expostas a altas temperaturas.

Os danos em cavernas são classificados da mesma forma que os outros danos. As especificações para cada tipo de dano são estabelecidas pelo fabricante, e informações específicas são dadas no manual de manutenção ou no Manual de Reparo Estrutural da aeronave. As cavernas são identificadas com números de estação, que ajudam bastante na localização das informações acerca de um reparo.

Os reparos nesses membros são geralmente classificados em 2 categorias: (1) Dano igual ou menor que $1/3$ da seção transversal; ou (2) dano maior que $1/3$ da seção transversal. No primeiro caso, uma chapa de remendo, um ângulo de reforço, ou ambos podem ser usados. Primeiramente, removemos os danos e usamos a fórmula de rebites para determinar o número de rebites necessários para estabelecer o tamanho da chapa de reparo. Quanto ao tamanho da seção, utilizamos a profundidade da área mais o comprimento do flange.

Se mais que $1/3$ da seção transversal for danificada, removeremos a seção e faremos um remendo (figura 5-79).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-79 Determinando o tamanho da avaria.

Durante a remoção da seção danificada, temos o cuidado de não danificar os equipamentos ao redor, tais como fios elétricos, tubulações, instrumentos e etc. Usamos uma lima, uma tesoura ou uma broca para remover grandes danos. Para remover toda uma seção, uma serra, broca ou tesoura poderá ser usada.

Medimos o tamanho do perfil como mostra a figura 5-79, e determinamos o número de rebites requeridos, substituindo esse valor na fórmula de rebites. Usamos o dobro do valor de cisalhamento do rebite nos cálculos. O resultado representa o número de rebites a ser usado em cada extremidade da chapa de reparo.

A maioria dos reparos em cavernas são feitos em chapa de metal, caso não se disponham de peças sobressalentes. Durante a fabricação a partir de uma chapa, devemos lembrar que o material substituído deverá prover resistência à tensão, compressão, cisalhamento e apoio, igual ao material original. Nunca utilizamos um material mais fino ou com menor seção transversal que o material original. Reparos curvos feitos de chapa plana devem estar na condição "O" antes da moldagem, e devem sofrer tratamento térmico antes de instalados.

Reparo de Longarinas de Fuselagem

Geralmente as longarinas são membros pesados que servem aproximadamente para a mesma função que as vigas de reforço. Consequentemente, o reparo de longarina é semelhante ao reparo de vigas de reforço.

Devido à longarina ser um membro pesado, e possuir maior resistência que a viga de reforço, serão necessários rebites pesados no reparo.

Algumas vezes parafusos são usados para instalar um reparo de longarina porém, devido à maior precisão necessária, eles não são tão adequados quanto os rebites. Além disso, a instalação de parafusos dispense maior tempo.

Se a longarina consistir de uma seção moldada e uma seção de ângulo extrudado, considere cada seção separadamente. Faça o reparo da longarina da mesma forma que um reparo de viga. Contudo, mantenha o espaço entre rebites de 4 a 6 vezes o diâmetro. Se forem usados parafusos, os furos devem ser de forma que os parafusos se encaixem perfeitamente.

Reparos de Longarinas de Asa

A longarina é o principal membro de suporte da asa. Outros componentes também podem ter membros de suporte chamados de longarinas, que servem à mesma função exercida na asa. Devemos pensar nas longarinas como o miolo ou a base da seção na qual elas se encontram, ainda que elas não estejam exatamente no centro. A longarina é geralmente o primeiro membro a ser instalado durante a construção de uma seção, e todos os outros membros são fixados direta ou indiretamente a ela.

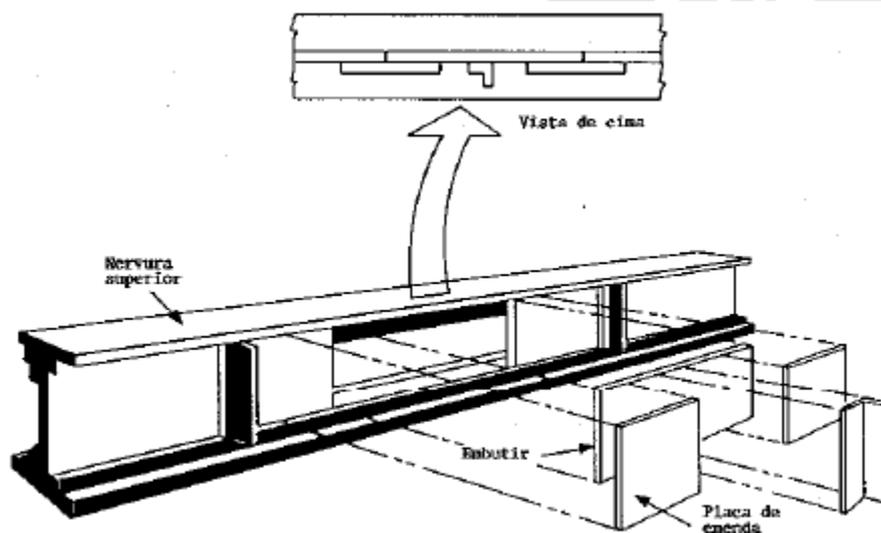
Devido à carga que suporta, a longarina deve ser reparada com muito cuidado para assegurar que a resistência original da estrutura não seja comprometida. Ela é construída de tal forma que geralmente são necessários dois tipos de reparos, o reparo da alma e o reparo da nervura da longarina.

Para um reparo na alma de uma longarina, primeiramente removemos os danos e depois medimos a largura total da seção da armação. Calculamos o número de rebites a serem instalados em cada lado da chapa de reparo, substituindo este valor pelo tamanho do perfil na fórmula de rebites.

Preparamos uma seção a ser inserida, do mesmo tipo de material e com a mesma espessura usada na armação original. Fazemos um esboço em papel da colocação dos rebites

no reparo, usando o mesmo espaçamento da fixação da alma à nervura da longarina. As chapas de reforço são cortadas de chapas que possuem o mesmo peso da alma, ou um pouco mais grossas, e o desenho é transferido do papel para os reparos.

Aplicamos um tratamento anticorrosivo às superfícies e rebitamos os reparos no lugar. Os rebites usados na fixação do reparo nas nervuras da longarina, são adicionados aos que foram calculados para a fixação de chapas de reforço. Substituímos todos os reforçadores da armação removidos durante o reparo. Uma vista explodida de um reparo no topo da armação de uma longarina é mostrada na figura 5-80.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-80 Reparo na alma de uma longarina.

Durante a realização de um reparo embutido na alma de uma longarina, não é necessária a utilização de nenhuma chapa de reforço.

Ao invés disso, moldamos a seção de reparo da alma de forma que ela sobreponha à alma original o bastante para acomodar o número necessário de rebites. Fazemos um encaixe na nervura que será rebitada. O cálculo de rebites para esse reparo é semelhante ao descrito no reparo do topo.

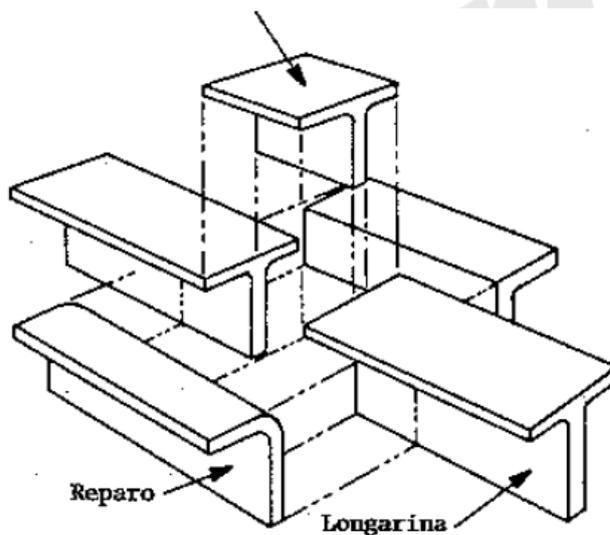
Muitos tipos de nervuras de longarina são usadas na fabricação de aeronaves, e cada uma requer um tipo diferente de reparo. No cálculo do número de rebites requeridos no reparo da nervura de uma longarina em "T" extrudada, tomamos a largura da base do "T" mais o comprimento da perna e o comprimento do perfil de arqueamento, e usamos valores de cisalhamento dobrados.

Posicionamos 1/4 do número de rebites requeridos em cada fileira de rebites original, na base da seção em "T". Eles são posicionados entre os rebites originais. Os rebites restantes

ficam ao longo da perna do "T" em duas fileiras. Consideramos todos os rebites originais dentro da área do reparo como sendo parte dos que são requeridos.

Fazemos a peça a ser embutida de um pedaço semelhante de seção em "T" extrudado, ou de dois pedaços de chapa plana. Em ambos os casos eles devem possuir a mesma espessura da nervura da longarina. A figura 5-81 mostra uma vista explodida de um reparo da nervura de uma longarina em "T".

Os rebites usados na perna da nervura podem tanto possuir cabeça chata, redonda ou lenticular porém, os rebites usados na base devem ser do mesmo tipo usado no revestimento.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

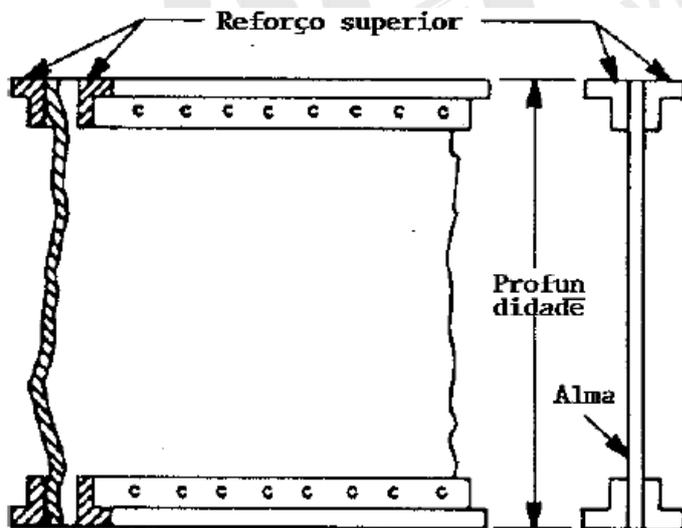
Figura 5-81 Reparo de uma longarina em "T".

O reparo de nervuras de longarinas fresadas é limitado aos danos ocorridos nos flanges. Os danos além da área dos flanges requerem a substituição de toda a nervura. Para fazer um reparo típico de flange, substituímos a profundidade da área removida pelo comprimento do perfil de arqueamento na fórmula de rebites, e calculamos o número de rebites requerido. Moldamos uma chapa de reparo no tamanho requerido e a furamos de acordo com a posição original dos rebites. Cortamos um enxerto que se encaixe à área removida e rebitamos o reparo no local. Se a área removida for maior que 4 polegadas do comprimento, usamos uma chapa de reforço em ângulo para garantir um reforço adicional.

Reparo de Nervuras e Armações

O reparo de armações pode ser geralmente classificado em dois tipos: (1) Os feitos em armações consideradas críticas, tais como as das nervuras da asa; e (2) as consideradas menos críticas, tais como as de profundores, lemes, flapes, etc. As armações devem ser reparadas de tal forma que a resistência original do membro seja restaurada.

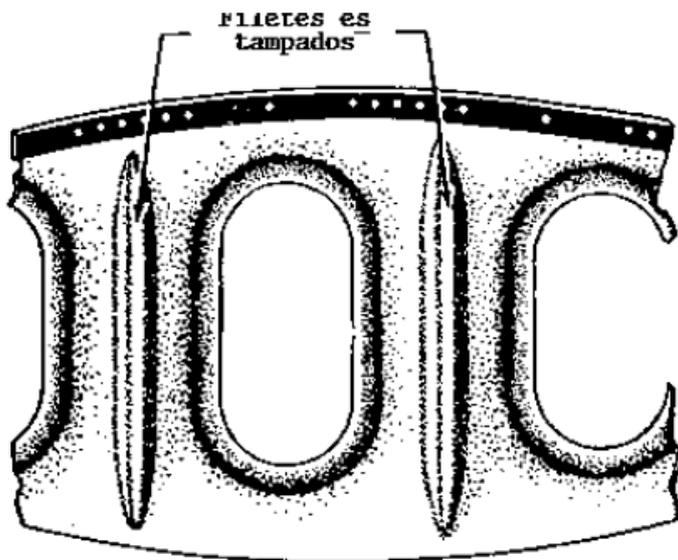
Na construção de um membro usando uma armação (figura 5-82), vemos que a armação é geralmente uma chapa fina de liga de alumínio que forma a profundidade principal do membro. A armação é ligada por grossas extrusões de liga de alumínio chamadas de nervuras. Essas extrusões suportam as cargas de flexão e também proveem uma superfície para a fixação do revestimento. A armação pode ser reforçada por frisos estampados, ângulos, ou seções extrudadas, rebitadas a intervalos regulares ao longo da armação.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-82 Construção do membro de uma armação.

Os frisos, ou rebordos estampados (figura 5-83), são parte da própria armação, e são estampados durante sua fabricação. Os reforçadores ajudam a suportar as cargas de compressão exercidas sobre as armações criticamente estressadas.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-83 Filetes estampados em uma seção de longarina.

Geralmente as nervuras são feitas estampando-se toda a peça a partir de uma chapa de metal. Isto é, a nervura não possui ainda o listão, ou banda. Porém possui um flange ao redor de toda a peça, mais os furos de alívio. As nervuras podem ser moldadas com rebordos estampados como reforçadores, ou podem possuir perfis extrudados, rebitados à armação como reforço.

A maioria dos danos envolve dois ou mais membros, porém, pode ocorrer de apenas um membro estar danificado e requerer reparo.

Geralmente, se a armação estiver danificada, deve-se apenas remover a área danificada e instalar uma chapa de reparo.

A chapa de reparo deverá ter tamanho suficiente para dar espaço a pelo menos duas fileiras de rebites ao redor do perímetro do dano. Isso inclui uma distância adequada nas bordas, passo entre rebites e passo transversal dos rebites. A chapa de reparo deve ser de material que possua a mesma composição e espessura do membro original. Se for necessária alguma moldagem na confecção da chapa de reparo, tal como o encaixe no contorno de um furo de alívio, usa-se material na condição "O" e depois aplica-se tratamento térmico após a moldagem.

Danos a nervuras e armações que requeiram um reparo maior que uma simples chapa de reparo, provavelmente requererá um remendo composto ou ângulos e uma interseção. O reparo desse dano, moldando-se as partes necessárias, pode tomar muito tempo, por isso, se houver peças danificadas entre os que foram recuperados, e que possuam as áreas necessárias intactas, as usamos.

Por exemplo, se uma nervura idêntica pode ser achada entre os destroços, e ela possui armação rachada, porém a área em questão está intacta, removemos a área danificada, depois cortamos a peça de reparo da nervura obtida dos destroços. Não devemos esquecer de deixar espaço para a instalação correta dos rebites. A utilização de peças recuperadas eliminará um bocado de trabalho, e mais o tratamento térmico necessário.

Reparo de Bordo de Ataque

O bordo de ataque é a seção dianteira da asa, do estabilizador e de outros aerofólios. O propósito do bordo de ataque é dar forma aerodinâmica à seção frontal das asas ou superfícies de controle, de forma a não prejudicar o fluxo de ar. O espaço dentro do bordo de ataque é muitas vezes usado para armazenar combustível. Esse espaço pode também alojar equipamentos extras como luzes de pouso, tubulações ou sistemas de antigelo e degelo.

A construção do bordo de ataque varia com o tipo de aeronave. Geralmente, ela consistirá de listões de nervura, de nervuras de nariz, reforçadores e revestimento. Os listões são as principais extrusões que reforçam o bordo de ataque e fornecem uma base para as nervuras de nariz e o revestimento. Eles também fixam o bordo de ataque à longarina dianteira.

As nervuras de nariz são estampadas em uma folha de liga de alumínio. Essas nervuras têm forma de "U" e podem possuir reforçadores em sua armação. A despeito de seu desenho, seu propósito é dar contorno ao bordo de ataque.

Os reforçadores são usados para reforçar o bordo de ataque e dar base para a fixação do revestimento. Na fixação do revestimento, usa-se apenas rebites escareados ou que não disturbem o fluxo de ar.

Bordos de ataque construídos com sistemas de antigelo térmico consistem de duas camadas de revestimento, separadas por uma fina camada de ar. O revestimento interno, às vezes corrugado para maior resistência, é perfurado para conduzir o ar quente até o revestimento externo para o antigelo.

Os danos ao bordo de ataque são também classificados da mesma maneira que os outros danos. Os danos podem ser causados pelo contato com outros objetos, a saber, pedras, pássaros em voo e granizo. Contudo, a maior causa de danos é o descuido durante o manuseio da aeronave no solo.

Um bordo de ataque danificado irá geralmente envolver diversas partes estruturais. Os danos provocados por colisões em voo geralmente envolvem o revestimento, nervuras,

reforçadores, e possivelmente o listão. Danos envolvendo todos esses membros necessitarão da instalação de uma janela de acesso para possibilitar o reparo.

Primeiramente, a área danificada deverá ser removida e devem ser estabelecidos procedimentos de reparo. O reparo precisará de inserções e remendos. Caso o dano seja muito sério, ele poderá requerer o reparo do listão e do reforçador, uma nova nervura de nariz e um novo painel de revestimento. Durante o reparo de um bordo de ataque, seguimos os procedimentos prescritos no manual de reparos, apropriado a este tipo de reparo.

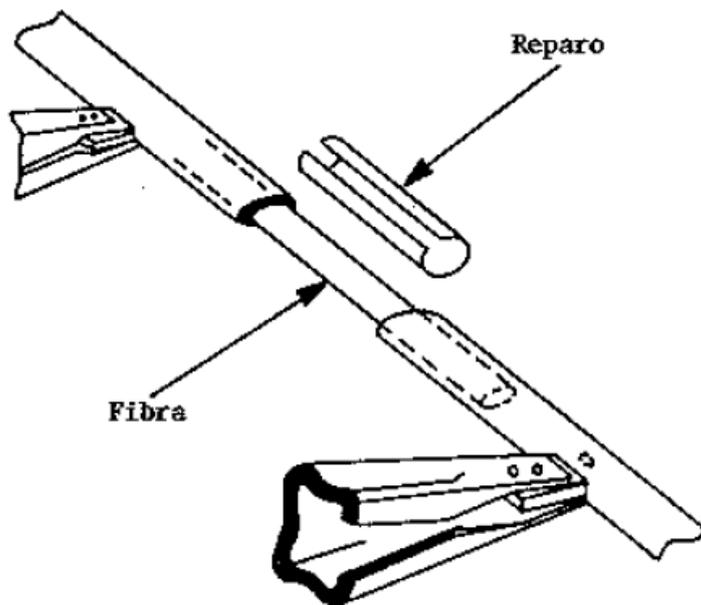
Reparo de Bordo de Fuga

O bordo de fuga é a parte traseira do aerofólio, encontrado nas asas, ailerons, lemes, profundos e estabilizadores. Ele geralmente é uma tira metálica que faz o formato afilado, unindo as extremidades de uma seção de nervura e unindo o revestimento superior e inferior. Os bordos de fuga não são estruturais, mas são considerados altamente estressados em todos os casos.

Os danos a um bordo de fuga podem ser limitados a um ponto, ou estenderem-se ao longo de seu comprimento entre duas ou mais seções de nervura. Além dos danos resultantes de colisão e manuseio descuidado, ocorrem também pontos de corrosão. Os bordos de fuga são mais sujeitos à corrosão devido à tendência da umidade a acumular-se neles.

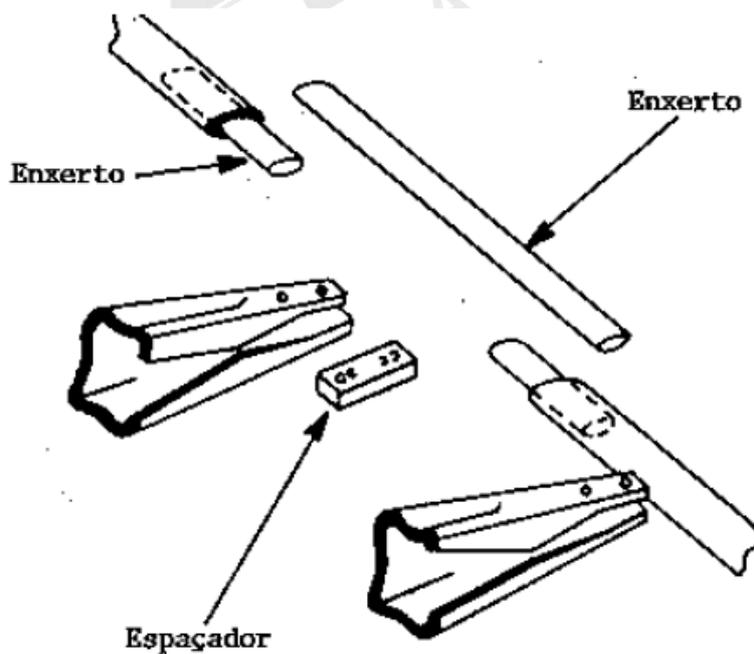
Inspeciona-se bem a área danificada antes de iniciar os reparos, e determina-se a extensão dos danos, o tipo de reparo requerido e a forma como o reparo deve ser feito. Na realização de reparos de bordo de fuga, devemos nos lembrar que a área reparada deve possuir o mesmo contorno, e deve ser feita do mesmo material e têmpera da seção original. O reparo deve ser feito para manter as características de desenho do aerofólio.

Os danos ocorridos na seção do bordo de fuga entre as nervuras podem ser reparados, como mostra a figura 5-84. A área danificada é removida e fazemos um enchimento de madeira dura, fibra ou liga de alumínio fundido, que se encaixa dentro do bordo de fuga. Depois, fazemos uma peça para enxerto do mesmo material que o da seção danificada, e a moldamos para que se encaixe no resto do bordo de fuga. Juntamos as partes, como mostrado, e as rebitamos no lugar, usando rebites escareados para obter um contorno suave.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-84 Reparo no bordo de fuga entre nervuras.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-85 Reparo no bordo de fuga próximo à nervura.

Para reparar danos ocorridos próximo, ou em uma nervura, primeiramente removemos material suficiente do bordo de fuga para que um reparo completo caiba entre as nervuras. Isso geralmente requer dois remendos unidos por um enxerto de material, semelhante ao do bordo de fuga ou de chapa moldada. O procedimento de reparo é semelhante ao utilizado em danos entre nervuras. A figura 5-85 mostra este tipo, de reparo.

4.2 SELAGEM ESTRUTURAL

Várias áreas da estrutura da célula são compartimentos selados onde combustíveis ou ar devem ser confinados. Algumas dessas áreas contêm tanques de combustível. Outras consistem de compartimentos pressurizados, tais como a cabine. Sendo impossível selar essas áreas completamente, apenas com juntas rebitadas, faz-se necessário o uso de um selante. Os selantes são também usados para adicionar suavidade aerodinâmica às superfícies expostas, tais como uniões e juntas nas asas e fuselagem.

Normalmente são usados 3 tipos de selos. Os selos de borracha são usados em todos os pontos onde é necessário um rompimento frequente da selagem, tal como nas saídas de emergência e portas de entrada. Os selantes são usados em pontos onde a selagem é raramente rompida, exceto para manutenção estrutural ou substituição de peças, tal como em dobras rebitadas e juntas de topo. São necessários selos especiais para a passagem de cabos, tubos, ligações mecânicas, ou fios, pelas áreas pressurizadas ou seladas.

Os fios e tubos são passados através de paredes pressurizadas, utilizando-se acoplamentos para as tubulações e plugs de borracha para os fios. Essas fixações são seladas à parede e os fios e tubos são presos a elas por ambos os lados.

Todos os selos dos componentes móveis, tais como controles de voo, estão sujeitos a desgastes e requerem cuidados especiais quando da sua instalação. Além disso, eles devem ser checados regularmente.

Defeitos em Selantes

O estanqueamento de uma área, ou seção, é checado antes e depois de executar um reparo. A pressurização no solo é feita enchendo-se a seção com ar, oriundo de uma fonte externa, através de conexões para teste de pressão.

Com as seções pressurizadas, localizamos os vazamentos pelo lado externo da aeronave, aplicando uma solução borbulhante sem sabão em todas as juntas e uniões na área suspeita. As bolhas indicarão a área do vazamento. Um vazamento específico é, então, isolado no interior da aeronave, passando um estetoscópio ou dispositivo semelhante ao longo das juntas na área de vazamento. O vazamento pode ser detectado pela mudança no ruído quando o instrumento passa sobre ele. Depois do teste, removemos a solução borbulhante do exterior da aeronave, aplicando água limpa para evitar a formação de corrosão.

Aqui estão algumas medidas de precaução a serem seguidas durante os procedimentos de teste discutidos. Com pessoas no interior da aeronave, a área nunca deve ser pressurizada com uma pressão maior que aquela previamente estabelecida durante testes com a seção vazia. Nenhuma pessoa resfriada e que tenha tido resfriado recentemente, ou cujas fossas nasais estejam obstruídas de alguma forma, deverá estar presente ao controle do equipamento de pressurização durante todo o teste.

A pressurização nem sempre é necessária para determinar uma área selada com defeito. Os selantes devem ser reparados quando:

- 1) O selante está descascando;
- 2) As juntas estão expostas através do cordão de selante;
- 3) O cordão de selante ou o enchimento de furo estiver exposto através do revestimento;
- 4) O selante foi danificado pela remoção e reinstalação de prendedores, portas de acesso ou outras partes seladas;
- 5) Houver rachaduras ou abrasões no selante.

Reparo de Selantes

Todas as superfícies a serem seladas devem ser limpas para assegurar a máxima adesão entre o selante e a superfície. Partículas soltas no exterior podem ser removidas por um aspirador a vácuo.

Raspamos todo o selante velho da área a ser raspada com um bloco pontudo de plástico, fenol, ou madeira dura, para evitar arranhões, e aplicamos um decapante e um limpador.

O limpador não pode secar sobre a superfície metálica, deve ser enxugado com flanelas secas.

Não removemos o limpador (xampu) com flanelas sujas, uma vez que a superfície do metal deve estar livre de toda sujeira, graxa, pó e etc. A superfície pode ser checada, quanto à limpeza, derramando-se água sobre ela depois de ter sido enxugada. Se a superfície ainda contiver óleo, a água formará pequenas gotas.

Não devemos esquecer de proteger os selantes e as partes de acrílico contra o decapante. Se for usada iluminação artificial durante o reparo, ela deve ser à prova de explosão.

Usamos roupas que nos protejam contra o decapante e o limpador para que eles não entrem em contato com a pele. Providenciamos uma ventilação adequada na área de trabalho. O pessoal envolvido deverá usar um respirador durante o serviço em uma área enclausurada. Pode ser necessário substituir os selos de borracha periodicamente para assegurar o fechamento correto da porta. Os selos desse tipo devem ser substituídos sempre que houver qualquer grau de dano. Tal selo não é reparável, porque precisa ser contínuo ao redor da abertura.

Para remover o selo antigo, removemos todos os retentores do selo na moldura, e então arrancamos o selo antigo. Usamos nafta alifática e flanelas limpas para limpar a estrutura sobre a qual o novo selo será colado. A limpeza deve ser feita imediatamente antes da instalação do selo. Depois, usando um pincel limpo, aplicamos uma camada uniforme de cola para borracha sobre as partes de metal e as superfícies do selo a serem coladas.

Deixamos a cola secar até ficar pegajosa, então juntamos o selo ao metal, pressionando firmemente ao longo de todos os pontos de contato. Instalamos os retentores do selo, e deixamos a cola curar durante 24 horas antes do uso.

Pode-se usar tolueno para limpar os pincéis e outros equipamentos usados na aplicação da cola. Se a cola precisar de um solvente, usa-se nafta alifática.

Os selos ou seções pressurizadas devem ser capazes de suportar uma certa quantidade de pressão. Por isso, danos aos selos no compartimento ou na seção devem ser reparados com esta pergunta em mente: Ela vai suportar a pressão requerida? A selagem deve ser realizada pelo lado pressurizado da superfície.

É aconselhável nos certificarmos de que todas as áreas estejam seladas antes de completarmos as operações de montagem que tornariam a área inacessível.

Os selantes só devem ser aplicados quando as superfícies de contato estiverem perfeitamente limpas. O selante deve ser aplicado em um movimento contínuo para a frente, no lado da junta que sofre a pressão. É importante começar a espalhar o selante 3 polegadas antes da área do reparo e continuar 3 polegadas além dessa área. Se possível, aplicá-lo com uma pistola de pressão. Geralmente são requeridas duas camadas de selante. Se isso for necessário, deixamos que a primeira camada cure antes de aplicar a segunda. Deixamos o selante curar até se tornar como borracha antes de unir as superfícies.

O tempo de cura varia com a temperatura. Altas temperaturas reduzem o tempo de cura, e baixas temperaturas prolongam-no. Uma fonte artificial de calor pode ser usada para encurtar o tempo de cura, porém deve-se ter o cuidado para não danificar o selante com uma temperatura muito alta. Uma circulação de ar quente, sem exceder 120° F, ou lâmpadas

infravermelhas a 18 polegadas ou mais do selante são fontes satisfatórias de calor. Se forem usadas lâmpadas de infravermelhas, deverá haver ventilação adequada para arrastar os solventes evaporados.

Os selantes são geralmente usados em juntas, mas também podem ser usados para preencher furos e espaços até 1/16 pol de largura.

Fita impregnada com cromato de zinco é, às vezes, utilizada entre juntas. A fita de selagem é, também usada como tapa furos e em frestas de 1/16 a 1/2 pol de largura. A fita é aplicada sobre a abertura, pelo lado com pressão, e um filme de selante é aplicado sobre a fita. Furos e frestas maiores que 3/16 pol de largura são geralmente enchidos com madeira, tampas de metal ou plugs de metal pelo lado com pressão. Depois, a fita impregnada e o selante são aplicados sobre o reparo.

Devemos nos certificar de que toda a moldagem, montagem e furação estejam completas antes de aplicar a fita.

Depois de limpar a superfície a ser reparada, desenrolamos a fita, mantendo a branca interna longe da superfície do metal. Não retiramos a fita protetora até a hora da colagem. Não devem ficar rugas na fita, e as partes devem ser reunidas com o mínimo movimento lateral possível.

A aplicação de massa selante é semelhante à de selante. Uma espátula ou um bloco pontudo de plástico, fenol ou madeira é, às vezes, usado para forçar e enfiar o selante nas frestas ou emendas. Limpamos a fresta ou junta com ar comprimido, antes de aplicar a massa pelo lado pressurizado.

Rebites e parafusos nem sempre vedam adequadamente quando usados nestas áreas críticas ou seções.

Quando ocorre vazamento de pressão ao redor desses prendedores, eles devem ser removidos e substituídos. Os furos devem ser enchidos com selante, e novos prendedores devem ser instalados.

Removemos o excesso de selante logo que possível para evitar as dificuldades encontradas após seu endurecimento.

4.3 COLMÉIA METÁLICA COLADA (HONEYCOMB)

A introdução de membros compostos com colmeia colada (construção em sanduíche), no projeto de estruturas e na construção, veio como um avanço na busca por um tipo de estrutura mais eficiente.

Uma vez que as estruturas de colmeia colada são fabricadas e realizam sua função de uma maneira diferente da estrutura convencional mais familiar e previamente utilizada, novas formas e métodos de reparo tiveram que ser desenvolvidos no que diz respeito às vantagens, limitações e peculiaridades físicas.

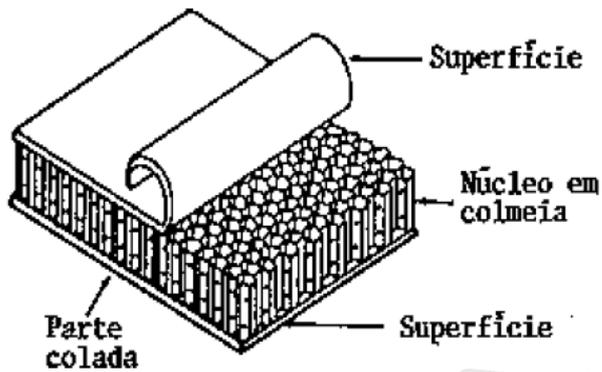
Características de Construção

A construção em sanduíche é governada pelo uso desejado do painel ou estrutura. Ela pode ser definida como uma construção laminar que consiste de uma combinação de materiais diferentes, unidos e fixados em relação a si próprios, de forma que as propriedades de cada um possam ser usadas para obter vantagens estruturais específicas para todo o conjunto.

Conjuntos construídos em sanduíche podem ser encontrados em uma grande variedade de tamanhos e formas nas aeronaves modernas. Eles podem consistir de uma seção inteira ou de uma série de painéis combinados em um conjunto. Também são usados em áreas tais como paredes, superfícies de controle, painéis de fuselagem, painéis de asa, revestimentos de empenagem, radomes ou estruturas em ziguezague.

A figura 5-86 ilustra uma seção de colmeia colada. A colmeia é colada em pé, separando duas folhas de face que são coladas ao miolo através de um adesivo ou resina. Este tipo de construção possui uma excelente relação resistência/peso em comparação com estruturas convencionais.

Além disso, ela suporta melhor as vibrações sônicas, possui um custo relativamente baixo quando comparado com o custo de fixadores e de instalação de estruturas convencionais, reduz o número de partes necessárias e reduz muito os problemas de selagem, enquanto melhora o perfil aerodinâmico.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-86 Seção de colmeia colada.

As aplicações especiais da colmeia de metal colado podem utilizar aço inoxidável, titânio, magnésio, compensado, papel impregnado de resina, vidro, nylon ou tecido de algodão em várias combinações.

4.4 DANOS

Causas de Danos

A maioria dos danos em conjuntos de colmeia colada resultam de cargas em voo ou manuseio impróprio no solo. As estruturas em colmeia também podem ser danificadas por vibrações sônicas.

Tais danos são, geralmente, delaminação ou separação da face e do miolo ao longo da linha de cola. (A linha de cola é a linha fina do adesivo entre o miolo e a face que mantém os dois juntos.) Ocasionalmente o miolo pode quebrar-se.

Inspeção de Danos

A inspeção de danos é mais crítica nas estruturas de colmeia do que nas convencionais. Uma estrutura de colmeia pode sofrer danos extensivos sem qualquer indicação visual. A vibração sônica, o vazamento de líquido, a condensação interna, ou um erro na fabricação ou reparo pode provocar ou resultar em variadas quantidades de delaminação.

O teste do som metálico é o modo mais simples de inspecionar quanto a delaminação. Quando uma moeda é atirada suavemente contra uma estrutura sólida, deve-se ouvir um som metálico límpido.

Se houver uma delaminação, ouvir-se-á um baque surdo. Um martelo de alumínio de 1 onça é uma excelente ferramenta para esse tipo de inspeção.

Ocasionalmente, a delaminação do revestimento formará uma bolha afastada do miolo, tornando possível a detenção por pressão de dedo ou visualmente. Puncionamentos, amolgamentos, arranhões, rachaduras e outros danos semelhantes podem ser inspecionados por métodos convencionais. Os arranhões devem merecer uma atenção especial, uma vez que, em um material tão fino, como o usado na colmeia metálica, um arranhão pode ser realmente uma rachadura.

Uma solução de soda cáustica pode ser usada para testar arranhões em painéis com superfície de alumínio. Se a área arranhada ficar preta após a aplicação de um pouco da solução, isso significa que o arranhão perfurou a superfície de clad. As soluções de soda cáustica são altamente corrosivas e devem ser manuseadas com extremo cuidado. Neutralize bem a área após a aplicação da solução. Dois instrumentos adicionais usados na inspeção de danos de painéis colados são o analisador de painéis e o boroscópio.

Avaliação dos Danos

Após as inspeções em estruturas de colmeia metálica colada terem sido realizadas, qualquer dano encontrado deve ser avaliado para determinar o tipo de reparo necessário, a fim de retornar a célula ao serviço.

Os danos em estruturas de colmeia de alumínio podem variar de amolgamentos menores ou arranhões à destruição total de um painel. As tabelas de avaliação de danos para estruturas de colmeia podem ser encontradas na seção aplicável do manual de reparo estrutural da aeronave específica.

As tabelas especificam os tipos de danos, limites, danos que requerem reparos, e figuras que ilustram reparos semelhantes para cada tipo de dano.

Uma vez determinado o tipo de reparo, os procedimentos enumerados no Manual de Reparo Estrutural devem ser seguidos à risca.

4.5 REPAROS

Recomendações quanto ao tipo de reparo a ser feito, e os métodos e procedimentos a serem usados, variam entre os diferentes fabricantes de aeronaves. Ferramentas, materiais, equipamentos e reparos típicos que possam ser feitos em estruturas de colmeia metálica colada serão discutidos nos parágrafos a seguir.

Ferramentas e Equipamentos

Reparos efetivos em conjuntos de colmeia dependem, em grande parte, do conhecimento e da habilidade do mecânico de estruturas em usar e manter adequadamente ferramentas e equipamentos usados na realização de tais reparos.

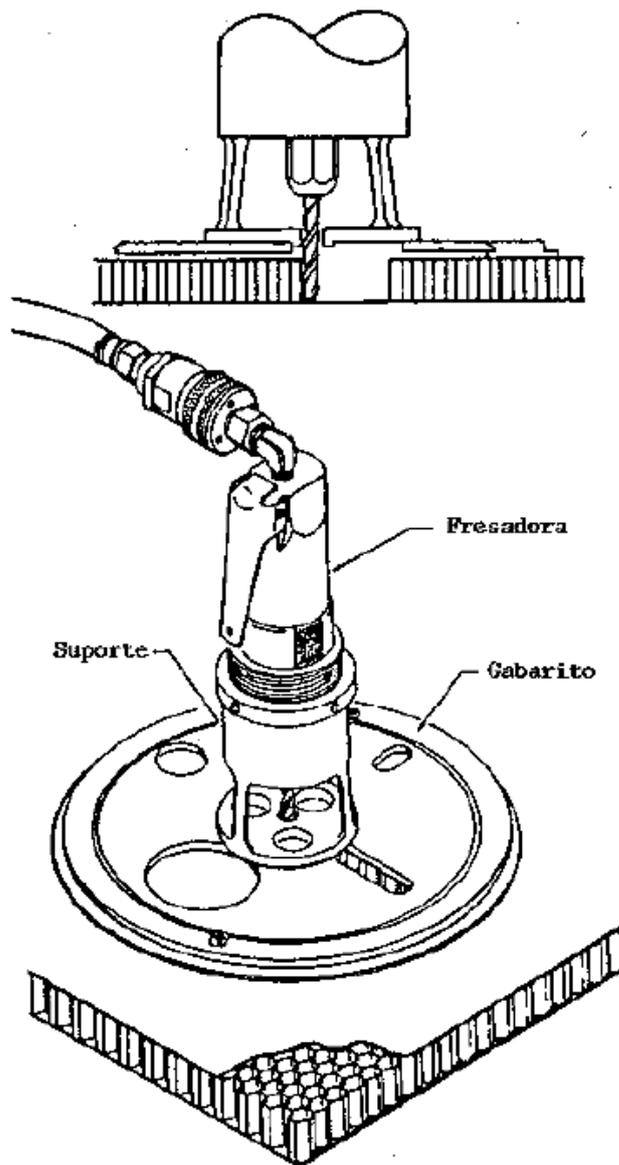
O desenho e alta qualidade, aplicados a essas ferramentas e equipamentos, os fazemos únicos no reparo de conjuntos de colmeia. Por isso, é essencial que as técnicas e procedimentos estabelecidos para cada ferramenta e cada parte do equipamento sejam conhecidos e aplicados.

Tanto danos pessoais como prejuízos adicionais na área a ser reparada podem, assim, ser evitados.

Fresadora

A primeira ferramenta usada para preparar uma área de colmeia danificada é a fresadora manual a ar comprimido, com velocidades de 10.000 a 20.000 r.p.m.

A ronuer é usada em conjunto com um suporte, uma fresa e um gabarito como mostrado na figura 5-87.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-87 Fresadora, conjunto suporte e gabarito.

O suporte é parafusado na ronuer. A profundidade desejada pode ser ajustada através de um mecanismo de trava que mantém o ajuste de profundidade. Uma volta completa do suporte corresponde a uma profundidade de 0,083 polegadas.

Fresas de 1/4 pol corte de metal, são usadas na ronuer para remover as áreas danificadas.

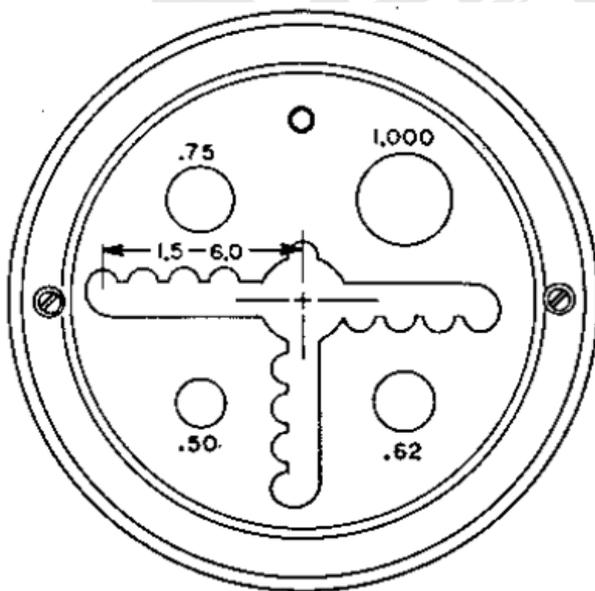
As fresas devem ser mantidas bem afiadas, limpas e protegidas contra dentes, quebras ou outros danos.

Os gabaritos são usados como guias na remoção de áreas de colmeia danificada com a ronuer. Eles podem ser desenhados e fabricados de acordo com os tamanhos, formatos ou contornos do reparo.

Como exemplo, o multigabarito (figura 5-88) pode ser usado como um guia no corte de furos de 1/2 pol a 6 pol de diâmetro.

Para furos maiores, pode-se fabricar um gabarito de liga de alumínio de 0,125 pol de espessura, enquanto furos menores podem ser feitos sem o uso de um gabarito. Os multigabaritos devem ser mantidos limpos e lubrificados para evitar corrosão e para manter uma operação suave durante seu uso.

O gabarito pode ser aplicado a uma superfície plana, usando os seguintes procedimentos:



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

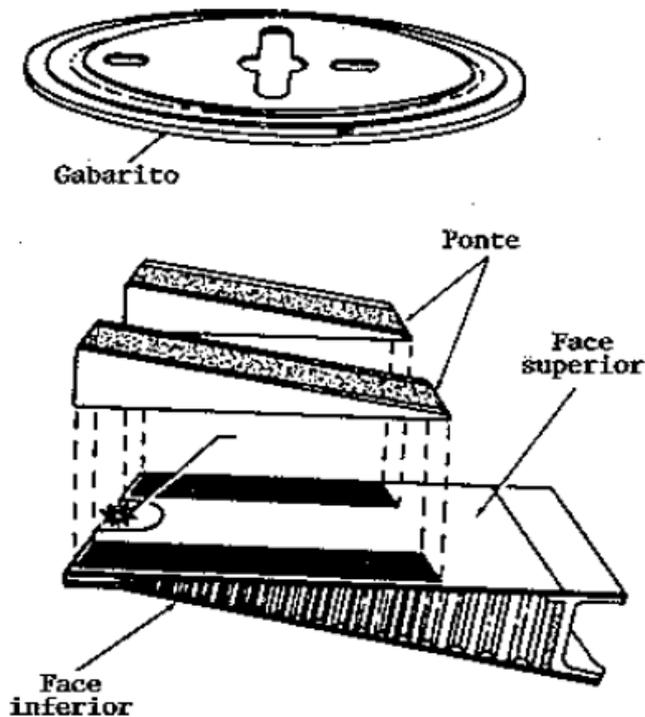
Figura 5-88 Gabarito múltiplo.

- 1) Aplicar uma fita dupla às bordas do gabarito;
- 2) Colocar o gabarito, centralizando o furo guia desejado diretamente sobre a área danificada;
- 3) Pressionar o gabarito firmemente sobre a fita dupla, certificando-se de que ele está bem fixo no lugar. Isso evitará qualquer desalinhamento do gabarito durante a furação.

Um gabarito de furação pode ser usado em uma superfície afilada, usando os seguintes procedimentos:

- 1) Fabricar duas cunhas de madeira de pelo menos 6 polegadas de comprimento e com aproximadamente a mesma inclinação do painel afilado (ver figura 5-89);

- 2) Aplicar uma tira de fita adesiva dupla a cada lado das cunhas de madeira;
- 3) Colocar uma cunha de madeira, sobre cada lado da área danificada, em uma posição onde o gabarito possa ser apoiado durante a furação;
- 4) Pressionar as cunhas firmemente no lugar;
- 5) Colocar outro pedaço de fita adesiva dupla na parte superior de cada calço de madeira;
- 6) Colocar e alinhar o gabarito sobre os calços, evitando assim algum desalinhamento durante a operação.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-89 Aplicação de cunhas de madeira.

Remoção de Áreas Danificadas

Quando a extensão do dano e o tipo do reparo forem determinados, o tamanho adequado do furo do gabarito deve ser posicionado ao redor da área danificada, de tal forma que toda a área danificada possa ser removida. A fita adesiva dupla é usada para manter o gabarito preso à área danificada, prevenindo assim o desligamento e o desalinhamento do gabarito.

A fresa da router deve ser ajustada à profundidade requerida para remover a área danificada. Durante a remoção, a router deve ser segurada firmemente com ambas as mãos para evitar que ela salte ou deslize.

Quando a router não estiver sendo usada, ela deve ser desconectada da mangueira de ar comprimido e, guardada adequadamente, até que seja novamente usada.

Os procedimentos a seguir, para a remoção de áreas de colmeia danificada, são tipicamente usados pelos vários fabricantes de estruturas.

Segue-se sempre as técnicas de reparo, especificadas pelo fabricante da aeronave:

- 1) Determinar a extensão dos danos;
- 2) Preparar o ajuste à router, o suporte e a fresa para a remoção da área danificada;
- 3) Escolher um gabarito e posicioná-lo sobre a área a ser reparada de acordo com os procedimentos descritos na discussão sobre gabaritos;
- 4) Acoplar a mangueira do ar comprimido;
- 5) Fazer a remoção do material da seguinte maneira:
 - a) Usando máscara ou óculos de proteção;
 - b) Colocando a mangueira de ar comprimido sobre os ombros;
 - c) Segurando a fresadora em ângulo de 45° com a superfície, e posicionando uma borda do suporte sobre a borda do gabarito;
 - d) Começando a remoção pressionando a alavanca de controle;
 - e) Cuidadosamente, e firme, abaixando a ponta da fresa sobre o material, tão próximo quanto possível, do centro da área danificada a ser removida;
 - f) Colocando a fresadora perpendicular à superfície;
 - g) Segurando a fresadora firmemente, girando-a em espiral no sentido horário, até o limite externo do furo do gabarito, removendo todo o material danificado;
 - h) Soltando a alavanca de controle, deixando a fresadora parar, e removendo-a do furo;
 - i) Desconectando a mangueira de ar comprimido;
 - j) Checando a área removida. Se for necessário, remover uma área adicional, ajustando a profundidade da fresa e repetindo a operação.
- 6) Depois de completar a operação de remoção, desconectar e limpar o equipamento.

Durante as operações de remoção, as células de miolo de alumínio de uma área de colmeia danificada tendem a dobrar ou amassar. Por isso, devem ser abertas com uma pinça e uma faquinha, antes de qualquer tentativa de reparo.

Algumas vezes, o miolo pode ser aparado com uma faquinha no tamanho do furo de reparo.

Moldes de Pressão

Os moldes de pressão são usados para aplicar pressão em reparos na superfície inferior de painéis de colmeia, para manter os materiais de reparo e as resinas no lugar. A pressão sobre a área do reparo é mantida até que o material de reparo cure.

Grampos "C", moldes manufaturados, ou fixados a vácuo podem ser usados para aplicar a pressão necessária aos reparos de colmeia coladas.

As superfícies, ao redor da área do reparo, devem estar absolutamente limpas e livres de materiais estranhos, para assegurar um bom vácuo quando forem usados equipamentos a vácuo ou sucção. A aplicação de água ou glicerina sobre a superfície irá ajudar a obter um bom vácuo.

Uma limpeza normal, cuidados e a prevenção da corrosão, manterão os equipamentos acima em boas condições de trabalho.

Lâmpadas de Aquecimento de Infravermelho

Essas são usadas para reduzir o tempo de cura dos reparos de colmeia colada de aproximadamente 12 para 1 hora.

Uma única lâmpada curará adequadamente um reparo de até 6 polegadas de diâmetro, porém um reparo maior pode requerer uma bateria de lâmpadas para assegurar uma cura uniforme da área de reparo.

As lâmpadas devem ser centralizadas diretamente sobre o reparo a uma distância de aproximadamente 30 pol.

Esse arranjo é ideal para obter a temperatura de cura recomendada em 130° F, desde que a temperatura das áreas adjacentes esteja em 70° F.

Uma temperatura ambiente, maior ou menor, requererá um novo ajuste das lâmpadas.

Deve-se tomar cuidado com trabalhos em temperaturas extremamente baixas, uma vez que um diferencial de temperatura de 150° F ou mais causará o empenamento do revestimento adjacente, devido à expansão térmica.

Tal como em qualquer lâmpada comum, as lâmpadas infravermelhas não requerem manutenção. Os suportes, fiação e interruptores, contudo, devem ser manuseados com cuidado e mantidos adequadamente.

Precauções Contra Incêndio

O potencial de perigo de incêndio geralmente existe na área de reparos colados, devido ao baixo ponto de ignição dos materiais de reparo, tais como solventes, tintas e resinas. Por isso, deve-se observar todos os procedimentos contra incêndio. Certos equipamentos de segurança, tais como latões de utilidades, latões para lixo inflamável e lâmpadas a vapor e à prova de explosão devem ser usados.

Com potencial de perigo de fogo em uma área de reparo de colmeias, é necessário assegurar-se que um extintor adequado esteja à mão, ou esteja colocado em lugar próximo e pronto para uso, se necessário. Os agentes extintores, para todos os materiais usados em reparos colados de colmeias, são o pó químico seco ou o dióxido de carbono. Sendo assim, os extintores de CO₂ comuns devem estar prontos para uso nessas áreas.

Ferramentas Manuais e Equipamentos

Em adição às ferramentas e equipamentos descritos nos parágrafos anteriores, as ferramentas comuns e os equipamentos de oficina são usados no reparo de estruturas de colmeia colada.

As ferramentas e equipamentos incluem um conjunto de ferramentas para mecânico de células, um anteparo de proteção para o rosto, tesouras, tesourões, furadeira de coluna, lixas de cinta horizontais e verticais, serra para corte de metal e furadeiras manuais pneumáticas.

A manutenção e utilização geral dessas ferramentas e equipamentos devem ser do conhecimento de qualquer mecânico de célula.

4.6 MATERIAS DE REPARO

Solventes de Limpeza

Antes de fazer qualquer reparo em uma estrutura de colmeias coladas, deve-se limpar uma área estendendo-se algumas polegadas ao redor do dano, removendo-se toda a pintura e revestimento superficial.

A melhor maneira de fazer isso é usando um removedor de tinta ou MEC (Methyl-EtilCetona). Em alguns casos, o Alconox, um poderoso solvente e detergente, pode ser

usado para uma limpeza final, e remover quaisquer resíduos ou óleos remanescentes após a aplicação do removedor ou do MEC.

Os removedores são aplicados com um pincel de tamanho adequado. Quando a tinta ou revestimento protetor se soltarem, elas são retiradas com uma flanela limpa ou com um raspador não abrasivo. O removedor não pode penetrar na área danificada, ou ser usado próximo a uma junta colada, porque sua ação química dissolverá o adesivo. Essas áreas devem ser cobertas e a limpeza final deve ser feita com MEC ou uma tela de brunir. O MEC e o Alconox podem ser aplicados com uma esponja limpa.

Depois da área danificada ter sido completamente removida, as superfícies adjacentes devem ser novamente limpas. Isso é feito usando-se o MEC e esponjas de gaze. O MEC é aplicado à área com uma esponja e, imediatamente removido com outra, antes de secar na superfície. Esse processo de limpeza deve ser feito até que a superfície fique bem limpa e livre de qualquer corpo estranho.

Para verificar se uma área está bem limpa, testamos com água. Esse teste é uma simples aplicação de um fino filme de água destilada sobre a área limpa. Qualquer interrupção do filme de água aplicado indicará que a área não está bem limpa, e o processo de limpeza deverá ser repetido.

Deve-se observar atentamente os procedimentos de segurança que ocorrem durante o trabalho com os solventes acima, especialmente quando o trabalho é realizado sobre a cabeça ou em área confinadas. Para a proteção pessoal deve-se usar sempre luvas de borracha, protetores para o rosto, ventilação adequada e respiradores. Um extintor de CO₂ deverá estar sempre à mão e pronto para uso, se necessário.

Bases (Primers)

A tinta base é aplicada à superfície limpa, primeiramente para assegurar uma boa adesão dos reparos de colmeia. A base é aplicada com uma esponja de gaze limpa ou um pincel adequado. Recomenda-se que a tinta seja aplicada rapidamente, pois começa a aderir em apenas 10 a 15 segundos, e será estragada se qualquer pincelada for dada após esse período. A base irá curar em aproximadamente 1 hora à temperatura ambiente. Contudo, esse tempo pode ser reduzido através da aplicação de calor controlado.

Adesivos e Resinas

Dois tipos de adesivos, atualmente utilizados no reparo de estruturas de colmeia colada em algumas aeronaves, são conhecidos como tipo 38 ou "Potting". O adesivo tipo 38 é aplicado em reparos de fibra de vidro, e o tipo "Potting", como o nome diz, é utilizado para encher buracos. Além disso, o tipo 38 pode ser usado como alternativa para o "Potting" adicionando-se micro esferas (fenóis microscópicos). Os adesivos ou "Pottings" são preparados de acordo com uma fórmula proporcional à quantidade preparada. Essa mistura deve ser dosada por peso.

Uma mistura precisa dos ingredientes do adesivo por dosagens. É considerada um dos passos mais importantes no reparo de estruturas de colmeia. As proporções corretas dos epóxis, resinas e microesferas a serem misturados por porção, tanto por peso como por volume, são fornecidas na seção aplicável do manual de reparo estrutural para a aeronave específica.

Material do Miolo

Os materiais usados no miolo de colmeias de fibra de vidro (tamanho 3/16 da polegada) são geralmente usados para substituir os miolos de alumínio danificados das estruturas de colmeias metálicas.

O miolo de alumínio nem sempre é satisfatório para o reparo, devido à sua estrutura frágil e delgada. Nessa condição, é impraticável cortar o miolo de alumínio com a precisão necessária ao reparo. Os miolos de fibra de alumínio estão disponíveis em várias espessuras e, são facilmente cortados no tamanho exato, usando-se ferramentas comuns de oficina.

Fibras de Vidro

A fibra de vidro usada em reparos por sobreposição em estruturas de colmeia é feita de vidro. O vidro é transformado em fibras, que por sua vez, são entrelaçadas em um tecido de vidro com uma grande variedade de tramas.

O tecido de fibra de vidro deve ser manuseado com cuidado, estocado adequadamente, e deve estar perfeitamente limpo (livre de qualquer sujeira, umidade, óleo ou outro contaminante que possa causar uma adesão imperfeita dos adesivos com os quais ele é impregnado). Protuberâncias e dobras agudas podem provocar o rompimento das fibras

da trama, resultando num enfraquecimento local no reparo. A exposição ou o contato com o pó do tecido de vidro pode causar coceiras e irritações no corpo.

Proteções contra Erosão e Corrosão

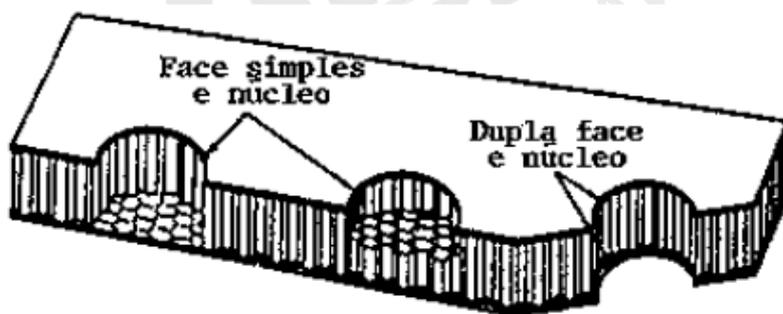
Duas proteções são aplicadas aos reparos de colmeias para evitar erosão e corrosão. A primeira, são duas demãos de cromato de zinco, preferivelmente pulverizadas sobre a área reparada. A segunda, são duas demãos de Corrogard (EC 843) com pigmentos de alumínio, ou produto equivalente, pulverizado ou pincelado com um intervalo de secagem de 30 minutos entre cada demão. Ambas são inflamáveis e, por isso, as precauções quanto a incêndios devem ser observadas.

4.7 REPAROS COM "POTTING"

As seguintes técnicas, métodos e procedimentos estão relacionados com os reparos com potting, e são tipicamente usadas na maioria das estruturas de colmeia. Em todos os reparos, consulta-se a seção aplicável do Manual de Reparo Estrutural. Os procedimentos do fabricante devem ser sempre seguidos.

Os danos até 1 polegada de diâmetro podem ser reparados através da técnica de enchimento de buracos, usando materiais aprovados. O método de reparo é comumente conhecido como "reparo potted". É o método de reparo mais rápido e fácil de uma área danificada em uma estrutura de colmeia. Contudo, segue-se as técnicas, métodos ou procedimentos estabelecidos para reparos com potting, para evitar qualquer dano futuro que possa resultar em um reparo mais difícil.

Reparos com potting podem ser aplicados, tanto em danos, em apenas um das faces e no miolo, como também aos que atingem ambas as faces e o miolo. (Ver figura 5-90).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-90 Áreas típicas de reparo com composto "Potted".

Remoção de Danos

Normalmente não é necessária nenhuma preparação da superfície na realização de um reparo de furo.

Áreas sujas ou oleosas onde serão fixados multigabaritos ou moldes de pressão, através de fitas adesivas devem ser limpas com qualquer solvente recomendado ou aprovado tal como o MEC.

Danos de 1/4 de polegada ou menos, em diâmetro, podem ser satisfatoriamente removidos com uma broca.

O multigabarito e uma router de alta velocidade (de 10.000 a 20.000 r.p.m.) devem ser empregados na remoção de áreas danificadas para reparos com potting, de até 1 polegada de diâmetro.

A quantidade de material removido por qualquer dos métodos deve ser mantida em um mínimo para manter ao máximo a resistência original do painel ou estrutura, como possível.

Usa-se sempre um protetor facial, ou óculos de proteção, durante o uso da fresadora para remover os materiais danificados.

Técnicas de Reparo

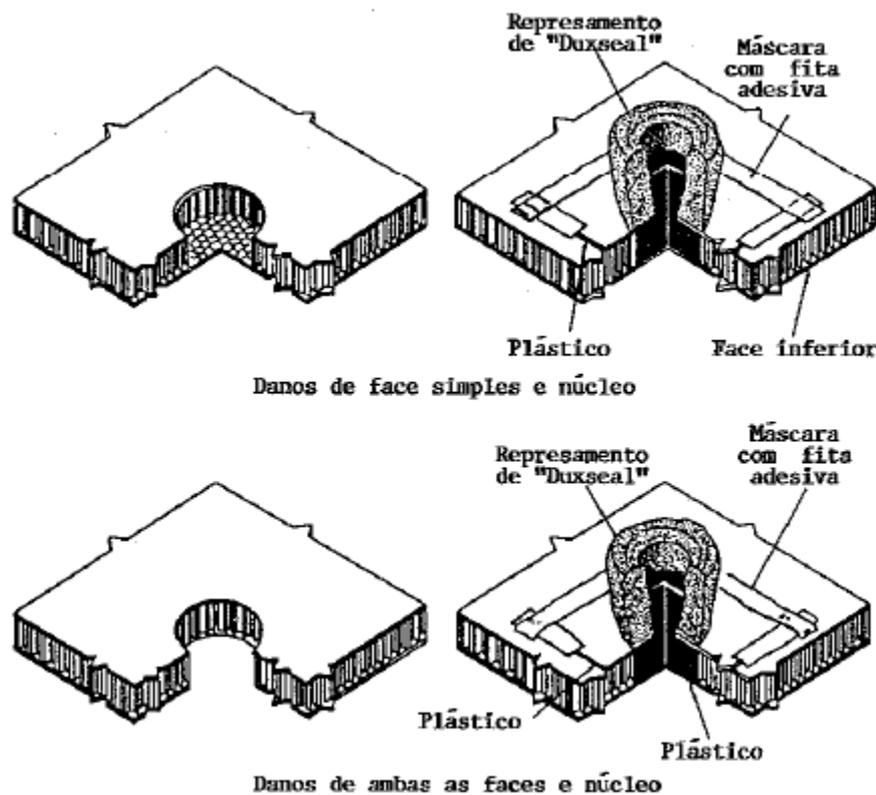
Após a remoção completa de uma área danificada, e sua limpeza, prepara-se o composto de Potting para o reparo.

Partes de folha de plástico são preparadas objetivando uma superfície suave para o potting, para gerar parte do reservatório ao enchimento do furo, e para manter o composto no lugar até que ele esteja completamente curado. Os pedaços de folha de plástico a serem usados para qualquer dos propósitos acima, devem ter pelo menos 1/2 polegada em diâmetro, maiores que o furo a ser reparado.

Um pedaço de plástico fino (aproximadamente 1/16 de polegada) é aplicado à superfície inferior do reparo de face dupla (figura 5-91). Isso é feito, não apenas para dar uma aparência suave à superfície reparada, mas principalmente para manter o Potting no lugar até a cura.

O mesmo se aplica a um reparo de face simples, que deve ser feito em uma posição sobre a cabeça.

Folhas de plástico variando de 1/4 de polegada a 3/16 de polegada de espessura são usadas na superfície superior do reparo do furo durante o enchimento.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-91 Reparos com composto "Potted".

Um furo de 1/4 de polegada é feito diretamente no centro para permitir uma aplicação fácil do potting na cavidade. O furo também é escareado, permitindo uma expansão do composto e assegurando, assim, que a cavidade foi completamente preenchida.

Esse pedaço de plástico faz parte do represamento "Duxseal". Depois do posicionamento correto dos pedaços de plástico sobre a área do reparo, o Duxseal (ou equivalente) é montado ao redor do furo (Ver figura 5-91). Essa represa é parcialmente enchida com o Potting para assegurar um reparo adequadamente preenchido. A represa também age como um reservatório.

Depois disso, uma mistura suficiente de Potting para o reparo é preparada. A cavidade é enchida com Potting, e as bolhas são removidas com um palito de dentes ou algo semelhante. As bolhas de ar são removidas para assegurar que a cavidade foi solidamente preenchida.

Quando o Potting dentro da cavidade estiver totalmente curado, os pedaços de plástico podem ser removidos. Geralmente esses pedaços de plástico podem ser retirados manualmente porém, se necessário, ele pode ser arrancado com qualquer ferramenta manual.

Quando a parte superior do plástico for removida, ela deixará uma protuberância. Essa protuberância pode ser limada, raspada ou fresada, até nivelar o reparo com a superfície da chapa.

A condição do reparo pode ser verificada pelo teste do som metálico. Moldes de pressão podem ser usados na superfície inferior como necessário. O reparo é acabado pela aplicação das proteções recomendadas contra erosão ou corrosão, e um revestimento final, com as mesmas especificações do revestimento originalmente utilizado.

4.8 REPAROS COM SOBREPOSIÇÃO DE TECIDO DE VIDRO

Atualmente, dois métodos aceitáveis de reparo estão sendo aplicados ao revestimento danificado e ao núcleo, ou miolo, dessas estruturas de colmeia de algumas aeronaves. Um deles é o uso do Potting e, o outro, é a sobreposição por tecido de vidro laminado utilizada em danos da face ou do miolo que excedem os limites de reparo especificados para o Potting.

As diferenças entre os dois métodos de reparo consistem nas técnicas de remoção e preparação da área danificada para o reparo, preparo e aplicação do material de reparo, acabamento e inspeção final do reparo terminado, e o uso e manutenção das ferramentas e equipamentos.

Limpeza

Antes de reparar um painel ou seção de colmeia, remover bem toda a tinta e proteção de uma área estendendo-se algumas polegadas além dos limites do dano. Basicamente, é necessário fixar os gabaritos ou calços à área do reparo com uma fita adesiva dupla.

Depois, remove-se bem qualquer material estranho da área para assegurar uma adesão perfeita dos materiais de sobreposição.

Uma limpeza efetiva é muito importante para o sucesso de qualquer reparo.

Uma área contaminada com tinta, graxa, óleo, cera, óxidos ou semelhantes, não proverá uma boa adesão. Isso não pode ser rapidamente enfatizado, uma vez que a qualidade do reparo nunca será superior à qualidade da limpeza que o precede.

Mesmo uma impressão digital atrapalhará a colagem, devido à oleosidade da pele.

Materiais tais como solvente, abrasivos, detergentes alcalinos e agentes químicos podem ser usados para uma limpeza efetiva. Um dos métodos mais fáceis e efetivos conhecidos é a aplicação de Metil-Etil-Cetona (MEC) com uma esponja, e sua limpeza

imediate com outra. Esse procedimento deve ser continuado até obter-se uma superfície lustrosa.

Na remoção da tinta, é necessário muito cuidado, uma vez que os removedores de tinta dissolvem os adesivos se puderem penetrar nas áreas danificadas de uma junta.

Remoção de Danos

Uma fresadora de alta velocidade em conjunto com um suporte, uma fresa e um gabarito, devem ser usados na remoção da área danificada. (Informações a respeito de uso e manutenção da router já foram discutidas nos capítulos anteriores).

As técnicas de remoção de revestimento e miolo de estruturas de colmeia podem diferir de um reparo para o outro. Sua escolha depende grandemente das características de construção dos painéis de colmeia colada, que são primariamente, de desenho chato, afilado ou combinado (chato e afilado). Além disso, a localização da área danificada deve ser considerada, ou seja, se o dano ocorreu na face superior ou inferior da chapa. Outro fator que deve ser considerado é que o miolo de colmeia é sempre instalado perpendicular à superfície inferior.

As técnicas de preparo e remoção da área danificada em uma superfície afilada ou superior de um painel, são um pouco diferentes das aplicáveis em superfícies chatas ou inferiores.

Antes da remoção de uma área danificada de uma superfície superior ou afilada, o gabarito deve ser apoiado sobre a área do reparo. Isso é feito de forma que o gabarito fique perpendicular às células da colmeia e paralelo à face inferior. Esse apoio é feito por meio de dois calços de madeira, de pelo menos 6 polegadas de comprimento, aproximadamente 2 polegadas de largura e afilado no mesmo grau que o painel. O método de fixação do calço à área danificada é mostrado na figura 5-89.

Adesivos

Os adesivos para reparo sobreposto consistem de uma mistura do tipo 38. Micro esferas são acrescentadas às resinas e ao agente de cura. Tudo isso é passado na cavidade do reparo e no miolo de reparo a ser inserido. As microesferas podem também ser usadas para controlar a consistência do adesivo de "Potting".

O tipo e localização do reparo determinarão o método de aplicação do adesivo. Por exemplo, um reparo em uma superfície superior usará pouca quantidade de microesferas (e o adesivo deve ser despejado na cavidade), enquanto o mesmo reparo em uma superfície inferior usará uma quantidade maior de microesferas e terá que ser forçado para dentro da cavidade com uma espátula ou faquinha. Qualquer que seja o método usado, o aditivo deve ser passado uniformemente, sem formar bolhas de ar.

O adesivo tipo 38 adere à temperatura ambiente. Se for necessário uma adesão mais rápida, a área do reparo deve ser pré-aquecida a 130° F e, as peças para reparo, os adesivos aplicados, e toda a área reparada devem ser aquecidos à mesma temperatura por uma hora, para completar a adesão.

Depois de completado o reparo, o testamos quanto a qualquer separação ou falha, usando o teste do som metálico.

Miolo de Colmeia (Plugue)

Os miolos de colmeia são cortados ligeiramente maiores que a espessura desejada de um pedaço de colmeia de fibra de vidro (Célula de 3/16 da polegada). Eles são lixados até a forma e espessura corretos, até a tolerância de + 0,010 polegadas do tamanho requerido.

Antes de inserir ou montar o miolo na área do reparo, todas as suas faces de contato miolo e da área do reparo devem ser besuntadas com adesivo.

Depois do miolo ter sido instalado na área de reparo, o excedente de "Potting" deve ser removido com um raspador plástico, e a superfície adjacente minuciosamente limpa com um solvente para limpeza.

A área do reparo deve curar 30 minutos a 1 hora. Isso é feito para assegurar que o miolo esteja firme no lugar antes que qualquer outro passo seja realizado.

Sobreposição de Tecido de Vidro Laminado

A sobreposição consiste de duas camadas de tecido de vidro número 181 (3 camadas de nº 128) impregnadas com adesivo tipo 38, com duas folhas de filme de polietileno intercaladas entre ambas.

As camadas de tecido de vidro e as folhas de polietileno são cortadas em tamanho maior que a área danificada (aproximadamente 4 polegadas). Isto é feito para acomodar o

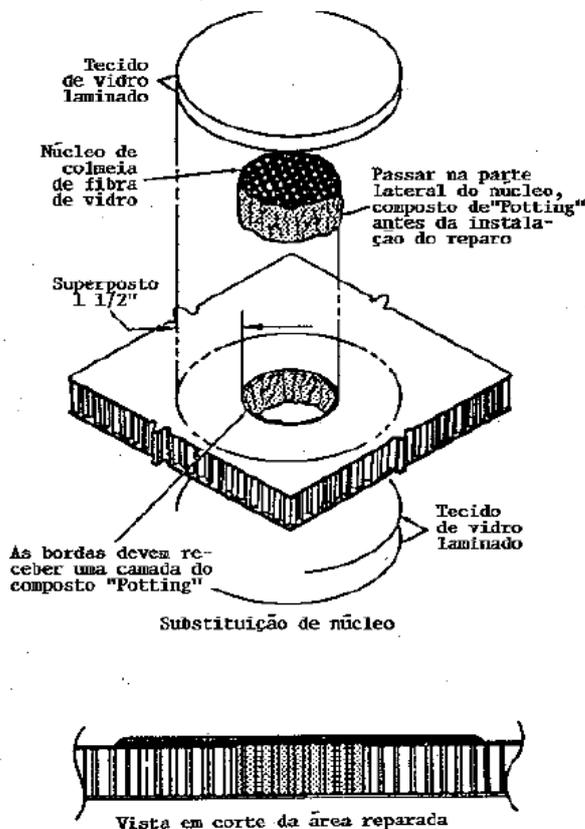
cut do material sobreposto no tamanho correto, deixando-se uma sobreposição mínima de pelo menos 1/2 polegada além das bordas da área removida.

Antes da aplicação de sobreposição de tecido laminado de vidro sobre o reparo, as superfícies de contato devem ser bem limpas até que não haja vestígios de materiais estranhos. Depois de uma limpeza minuciosa e da secagem, um filme firme e contínuo de base EC776R (ou igual) é aplicado às superfícies da área. A base adesiva pode secar à temperatura ambiente ou pode ser acelerada por aquecimento a uma temperatura recomendada.

Revestimentos protetores para prevenir erosão e corrosão devem ser aplicados de acordo com os procedimentos adotados no manual de reparos estruturais do fabricante da aeronave. O reparo de uma superfície de controle deve ser checado para estar dentro dos limites de balanceamento ou para requerer um rebalanceamento da superfície.

4.9 PROCEDIMENTOS DE REPARO DE UM REVESTIMENTO E DO MIOLO

Dois métodos típicos de reparos de danos em materiais de revestimento e miolo de colmeias de aeronaves são:



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-92 Reparo de face e núcleo.

- 1) Reparo de face simples com danos estendendo-se através do material do miolo até a linha de cola, no revestimento oposto; e
- 2) Reparo da área de transição.

Quando o dano à estrutura de colmeia é inspecionado e avaliado como dano a um dos revestimentos e ao miolo (figura 5-92), os procedimentos discutidos nos próximos parágrafos podem ser usados. Esses procedimentos são típicos, mas podem não se aplicar a todas as aeronaves. Consultar o manual de reparos do fabricante da aeronave em questão, e seguir as instruções aplicáveis ao tipo de reparo.

Remoção da Área Danificada

Uma fresadora e o gabarito aplicável devem ser usados para remover o material danificado. A profundidade da ponta da fresadora é determinada aumentando-se gradualmente a profundidade do corte até remover toda a área danificada. Se o miolo estiver apenas parcialmente danificado, o desbastamos até a camada inferior de adesivo.

Preparo da Substituição do Miolo

A parte substituta deve ser fabricada de colmeia de fibra de vidro. Se a espessura correta não estiver disponível, a peça pode ser desbastada com uma lixa até o tamanho correto. O plug de reparo deverá ficar bem nivelado, com uma tolerância de + 0,010 polegada.

Potting

Prepara-se o Potting como a seguir:

- 1) Selecionar a mistura desejada para o reparo. Usa-se uma mistura viscosa em reparos sobre-cabeça ou para a fixação do miolo. A mistura média ou fina é usada em superfícies superiores;
- 2) Adicionar microesferas à resina e misturar de 3 a 5 minutos;
- 3) Adicionar o endurecedor à mistura anterior. Mexer por 3 a 5 minutos;
- 4) Aplicar o potting às bordas do miolo e ao redor das bordas da área danificada na estrutura.

Introdução do Miolo (plugue)

Coloca-se o miolo na área danificada como segue:

- 1) Inserir o miolo na área do reparo;
- 2) Remover a cola em excesso com um raspador plástico, e limpar a área do reparo minuciosamente;
- 3) Deixar a cola secar no mínimo por 1/2 a 1 hora à temperatura ambiente, (72°F) para garantir que o miolo esteja firme no lugar.

Aplicação de Laminados de Tecido de Vidro

- 1) A preparação e a aplicação das seções laminadas de tecido de fibra de vidro necessárias para completar o reparo, devem ser feitas como a seguir;
- 2) Secar a superfície com o tecido absorvente umedecido em MEC, até que nenhum vestígio de material estranho seja encontrado.

Não deixar o MEC secar, removê-lo com uma flanela limpa;

- 3) Aplicar a base adesiva EC-776R (ou igual) com um pincel de 1 polegada, limpo, na superfície de contato e deixar secar. O tempo de secagem é de aproximadamente 1 hora em temperatura ambiente de 72°F. A secagem pode ser acelerada pela aplicação de calor, não excedendo 150°F. A base deve ser aplicada em um filme fino e contínuo. Não dissolver a base. A base deverá estar seca para uma adesão dos laminados de tecido de vidro;
- 4) Preparar uma área de trabalho limpa, livre de toda a matéria estranha. Isto geralmente é feito colocando-se uma folha de papel limpo sobre a bancada;
- 5) Escolher e cortar duas folhas de polietileno aproximadamente 5 polegadas maiores que o tamanho da área danificada;
- 6) Preparar dois discos de gabarito de chapa de metal fina no tamanho correto das sobreposições laminadas, ou 3 polegadas maior que o dano;
- 7) Preparar uma mistura de adesivo tipo 38 de acordo com os procedimentos previamente discutidos no texto;
- 8) Colocar uma folha de polietileno sobre as folhas de papel na bancada. As pontas dessas folhas devem ser coladas com fita adesiva à bancada;
- 9) Despejar um pouco de adesivo tipo 38 sobre a folha de polietileno. Com um raspador plástico, espalhar o adesivo uniformemente sobre o polietileno;
- 10) Colocar uma camada de tecido de fibra de vidro sobre a área coberta pelo adesivo;

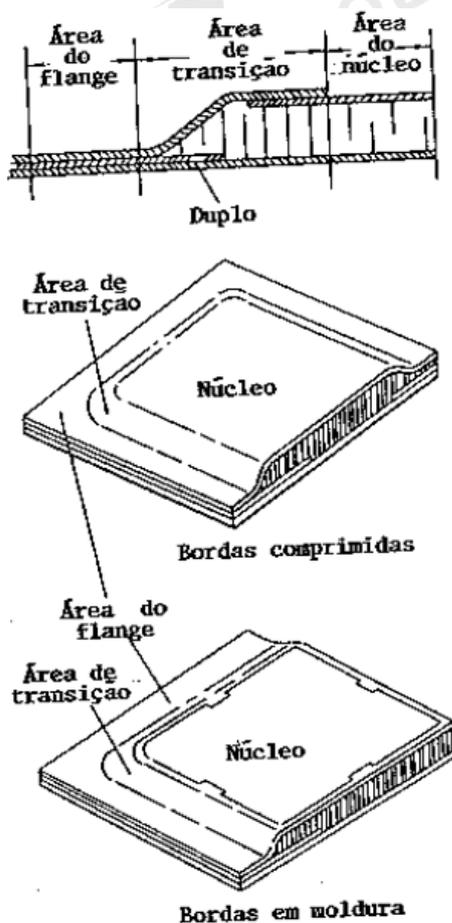
- 11) Colocar uma quantidade adequada de adesivo tipo 38 sobre a primeira camada de tecido de fibra de vidro para cobrir e penetrar toda a área. Espalhar o adesivo uniformemente sobre a área com um raspador plástico;
- 12) Aplicar a segunda camada de tecido de vidro da mesma maneira que a primeira;
- 13) Aplicar uma quantidade suficiente de adesivo tipo 38 sobre a segunda camada, como na primeira;
- 14) Colocar a folha central e a segunda folha de filme de polietileno sobre as camadas de fibra de vidro impregnadas de adesivo;
- 15) Com um raspador plástico, remover todas as bolhas de ar em direção às bordas das lâminas, ou camadas. Virar as camadas como necessário na retirada das bolhas;
- 16) Com uma tesoura, cortar o sanduíche de laminado com polietileno, 1/2 pol a 3/4 pol maior que o tamanho previsto para o reparo;
- 17) Colocar o sanduíche de laminado/polietileno entre os dois gabaritos que foram previamente fabricados para o reparo;
- 18) Com uma tesoura, cortar o reparo no tamanho dos gabaritos;
- 19) Retirar os gabaritos e guardá-los;
- 20) Remover uma camada de filme de polietileno do sanduíche laminado. Jogar fora;
- 21) Colocar o reparo laminado do lado com o adesivo para baixo sobre a área a ser reparada;
- 22) Retirar a outra folha de filme de polietileno do topo do reparo laminado. Jogar fora;
- 23) Cortar outra folha de filme de polietileno, de 3/4 pol a 1 polegada maior que o reparo laminado;
- 24) Posicionar e centralizar essa folha de filme de polietileno sobre o reparo laminado sobreposto;
- 25) Com um raspador plástico liso, remover qualquer excesso de resina ou bolhas de ar que possam estar presentes dentro do reparo laminado. Esse passo é de extrema importância para a qualidade geral do reparo. Por isso, ele deve ser feito com o maior cuidado e paciência;
- 26) Limpar a área adjacente ao reparo com metiletilcetona. Não deixar que o solvente penetre na junção do reparo;
- 27) Deixar o reparo curar por pelo menos 12 horas em temperatura ambiente (72°F), antes de remover a última folha de filme de polietileno.

Reparo em Áreas de Transição

Alguns painéis colados de colmeia são construídos com um dobrador, separando o revestimento superior do inferior, seccionado em áreas de miolo de colmeia. (Ver figura 5-93). A borda entre essa "ilha" de colmeia e a área laminada é chamada de "área de transição". Os reparos de áreas de transição são particularmente importantes por causa da transferência local de esforços.

A preparação dos materiais e, a montagem e cura dos miolos de reparo, são basicamente as mesmas aplicadas ao revestimento e ao miolo de estruturas em colmeia. Contudo, devido à forma e o contorno da área de transição, especialmente nas bordas das ilhas, deve-se ter especial atenção no corte do miolo da colmeia dessas áreas.

Nesse reparo, quatro camadas de tecido de fibra de vidro impregnado, número 181, são as mais recomendadas para o reparo. A preferência pelo nº 181 é devido à sua flexibilidade e fácil aplicação, particularmente na confecção de reparos para um dos cantos de uma ilha, onde um contorno duplo é encontrado.



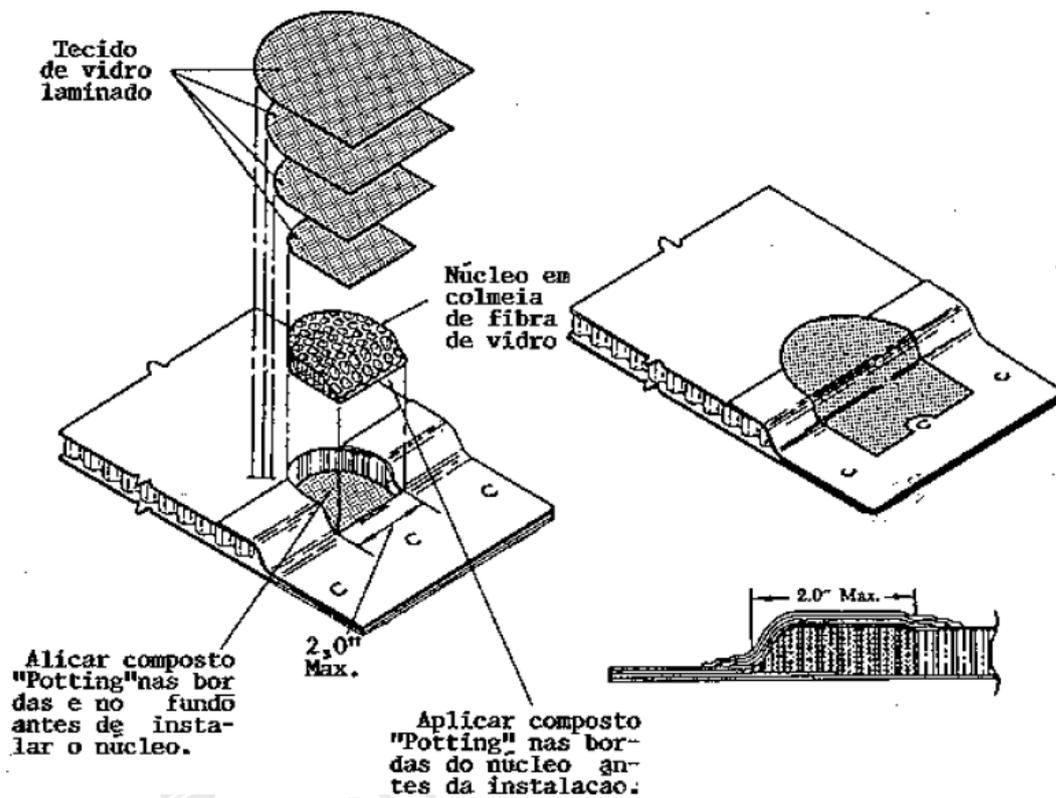
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-93 Construção típica de painel de colmeia colado.

Procedimentos de Reparo

Os passos a serem seguidos no reparo de uma área de transição são os seguintes:

- 1) Esboçar o reparo em formato circular (não excedendo em mais de 2 pol o diâmetro) que abranja toda a área danificada;
- 2) Usando uma router, remover a área danificada até o revestimento inferior. A profundidade do corte da router é determinada pelo aumento gradual da profundidade do corte até alcançar a camada de adesivo;
- 3) Fazer um miolo de colmeia de fibra para substituir o miolo removido. O contorno e a espessura corretos da área de transição podem ser obtidos com lixamento manual ou serragem manual. O plugue de miolo deve ser modelado a fim de encaixar-se perfeitamente, ou com tolerância de + 0,010 polegada;
- 4) Preparar o adesivo para o "potting";
- 5) Besuntar as bordas do plugue de colmeia de fibra com o adesivo (Ver figura 5-94);
- 6) Instalar o plugue na área a ser reparada;
- 7) Preparar o adesivo para o tecido de vidro;
- 8) Preparar quatro laminados de tecido de vidro - o primeiro com tamanho suficiente para cobrir adequadamente a área danificada sem sobreposição das bordas - os outros, 0,25 pol em todos os lados. Os laminados não devem se sobrepor aos prendedores. Se os laminados se estenderem sobre os prendedores (rebites) ou seus furos, corta-se ao redor dos mesmos como mostrado na figura 5-94;
- 9) Aplicar os quatro laminados à área de reparo como mostrado na vista em corte do reparo, na figura 5-94;
- 10) Deixar o reparo curar adequadamente;
- 11) Aplicar a base anti erosão/corrosão como especificado.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-94 Reparo na área de transição.



Referência Bibliográfica

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



Fonte: www.varig-airlines.com

MÓDULO V

PLÁSTICOS

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Nos dias de hoje, o plástico é considerado essencial para o progresso da humanidade. O aperfeiçoamento das tecnologias de transformação viaja na mesma intensidade da história dos polímeros.

Também nas aeronaves, o plástico tem ampla aplicação, como veremos no decorrer deste módulo.

Bons estudos!

5.1 PLÁSTICO

De acordo com sua origem química, os plásticos classificam-se em 4 grupos gerais: (1) resinas naturais, (2) resinas sintéticas, (3) proteínas, e (4) celuloses. As resinas naturais incluem materiais como goma-laca (shellac), breu, âmbar, asfalto e resina. Esses materiais requerem um enchimento para sua moldagem.

As resinas sintéticas são à base de petróleo, glicerol, nafta, cianamido de cálcio, benzeno, ureia, etileno, fenol e formaldeído. Os produtos feitos à base de resinas sintéticas incluem os acrílicos, o nylon, o vinil, o estireno, o polietileno, o formaldeído de ureia e outros.

Os plásticos à base de proteína são fabricados sobre a variedade de produtos da agricultura, como o amendoim, castanhas, leite, grãos de café e soja.

Os plásticos de celulose são a categoria mais antiga, e incluem o celuloide.

Outros plásticos que se enquadram nessa classe são o acetato, o nitrato, a etil-celulose, o butirato e o propionato.

Quase todos os plásticos modernos são moldados. Contudo, hoje, uma grande porcentagem dos plásticos que conhecemos e usamos são fundidos, trabalhados à máquina, laminados, aplanados, ou moldados por outros métodos.

5.2 PLÁSTICOS TRANSPARENTES

Dois tipos de plásticos transparentes usados em janelas, capotas e coberturas transparentes são termoplásticos ou materiais termocuráveis. Os termoplásticos são originalmente duros, mas tornam-se macios quando expostos ao calor. Quando maleável, o plástico pode ser moldado e, à medida que esfria, reterá a forma moldada. Quando novamente aquecido e resfriado sem restrições, o plástico volta à sua forma original. Esse processo pode ser repetido muitas vezes sem danificar o material, a menos que as faixas de calor especificadas sejam excedidas.

Os plásticos termocuráveis são moldados, resfriados, e mantidos no formato desejado. O reaquecimento não fará com que o material fique novamente maleável e utilizável. Uma vez moldados, eles retêm a forma e não podem ser remoldados e retrabalhados.

Cada um desses tipos de plásticos transparentes está disponível tanto na forma monolítica como na forma laminada. As folhas de plástico monolítico são produzidas em

chapas sólidas e uniformes. As folhas de plástico laminado são feitas com folhas de face transparente coladas a uma camada interna de material, geralmente polivinil-butírol.

Considerações Óticas

As qualidades óticas do material transparente, usado em carlingas e capotas de aeronaves, devem ser tão boas quanto as de vidro. A habilidade de visualizar outras aeronaves em ovo, e a percepção de profundidade necessária ao pouso, requerem um meio que possa rapidamente ser moldado em formas aerodinâmicas e, ainda assim, não criar distorções de nenhum tipo. Tal meio deve ter uma manutenção e reparo simples.

Além de sua facilidade de fabricação e manutenção, os plásticos possuem outras características que os tornam melhores que o vidro para o uso em compartimentos transparentes. Os plásticos quebram-se em grandes pedaços de bordas rombudas, possuem baixa absorção de água e não se quebram facilmente devido à vibração. Mas por outro lado, apesar de não serem condutores de eletricidade, tornam-se altamente eletrostáticos quando polidos.

Os plásticos não possuem a dureza superficial do vidro, sendo mais facilmente arranháveis. Uma vez que os arranhões obstruem a visão, deve-se ter cuidado na manutenção da aeronave. Procedimentos específicos para evitar danos em peças de plástico transparente são discutidos nesse capítulo.

Regras gerais a serem seguidas:

- 1) Manusear os materiais de plástico transparente somente com luvas de algodão limpas;
- 2) Nunca usar solventes como naftas, gasolina, etc.;
- 3) Seguir rigorosamente as instruções aplicáveis de fabricação, reparo, instalação e manutenção;
- 4) Evitar operações que possam arranhar ou distorcer a superfície do plástico. Ter o cuidado para não arranhar o plástico com anéis ou outros objetos pontudos.

Identificação

A identificação dos plásticos transparentes, usados em aeronaves, pode ser determinada pelo número da especificação MIL estampado na peça. Os números MIL mais comuns, e os tipos de materiais, são vistos na figura 5-95.

Se as peças não estiverem marcadas, as informações nos parágrafos a seguir ajudarão a identificar os materiais.

Gabinetes de plástico transparente, e de placas de vidro, podem ser distinguidos batendo-se com um pequeno instrumento que não risque.

O plástico produzirá um som suave, enquanto o vidro soará como um metal. Poucos plásticos transparentes são incolores quando vistos nas bordas. Alguns são praticamente incolores, enquanto outros apresentam uma pequena coloração amarelada ou azulada, ou azul-esverdeada.

ESPECIFICAÇÕES	TIPO DE MATERIAL	COR DA BORDA
Termoplásticos		
MIL-P-6886	Acrílico comum	Praticamente claro
MIL-P-5425	Resistente ao calor	Praticamente claro
MIL-P-8184	Resistente a rachadura	Ligeiramente amarelo
Termocura		
MIL-P-8257	Poliéster	Azul-verde
Laminado		
MIL-P-7524	Laminado MIL-P-5425	Praticamente claro
MIL-P-25374	Laminado MIL-P-8184	Ligeiramente amarelo
Base	Nome	Características
Acrilato	Plexiglas	Ausência de cor
	Lucite	Maior transparência
Acetato de Celulose	Perpex (Inglês)	Mais reforçado
	Fibestos	Ligeiramente amarelo
	Lumarith	Maior flexibilidade
	Plastacele	Maior transparência
	Nixonite	Mais macio

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-95 Características dos Plásticos.

Os plásticos de acetato de celulose possuem uma coloração amarelada quando olhados pelas bordas, e são mais macios que os plásticos acrílicos.

Tanto os plásticos acrílicos como os de acetato de celulose possuem cheiro característico, especialmente quando aquecidos ou queimados.

Queimando-se uma pequena amostra é um método muito confiável de identificação. O odor do acrílico é agradável, mas o do acetato é repugnante. O acrílico queimado produz uma chama inconstante com fumaça negra.

Esses plásticos também podem ser identificados pela aplicação de acetona ou cloreto de zinco. Esfrega-se uma área do plástico com uma solução de acetona, onde não afete a visibilidade.

Depois assopra-se a área. Se o plástico for acrílico, ele ficará branco. Se ele for acetato, ficara mais macio, mas não mudará de cor. Uma gota de cloreto de zinco sobre um plástico de acetato fará com que ele fique leitoso, porém não afetará o acrílico.

5.3 ARMAZENAGEM E PROTEÇÃO

Os plásticos transparentes ficarão mais macios e deformar-se-ão quando suficientemente aquecidos. Por isso, as áreas de armazenamento sujeitas a altas temperaturas devem ser evitadas. As folhas de plástico devem ficar longe de aquecedores, radiadores, e canos de vapor ou de água quente. A armazenagem deve ser feita em local fresco e seco, longe de vapores de solventes (tais como os que podem existir perto de latas de tinta aerosol, e áreas de armazenamento de tintas). As folhas de plástico transparente, cobertas com papel, não devem ser expostas às intempéries. Os raios diretos do sol acelerarão a deteriorização do papel protetor adesivo, fazendo com que ele cole de tal forma que dificulte a sua remoção. As folhas de plástico devem ser armazenadas, com o papel protetor, em compartimentos inclinados aproximadamente 10° da vertical para evitar o empenamento. Se for necessário armazenar as folhas de plástico na horizontal, deve-se tomar o cuidado para que não haja sujeira ou pedrinhas entre elas. O empilhamento máximo não deve exceder 18 polegadas de altura, e as folhas menores devem ser empilhadas sobre as maiores, para evitar bordas excedentes sem apoio.

O papel protetor deve ser mantido no plástico o máximo possível. Deve-se evitar arranhões e marcas no manuseio das folhas sobre mesas sujas.

Partes moldadas devem ser armazenadas de modo que estejam bem escoradas e não haja tendência à mudança de forma. Deve-se evitar abrigos verticais.

Afastar-se as partes moldadas de temperaturas maiores que 49° C (120°F). A proteção contra arranhões pode ser feita pela aplicação de um revestimento protetor como o papel, cartolina, etc.

Se o adesivo do papel deteriorar-se devido ao armazenamento prolongado ou inadequado, dificultando sua remoção, molhamos o papel com nafta alifática. Ela dissolverá o adesivo. As folhas tratadas assim devem ser imediatamente lavadas em água limpa.

A nafta alifática é altamente volátil e inflamável. Devemos ter muito cuidado na aplicação desse solvente.

Não se usa gasolina, álcool, querosene, benzeno, xileno, cetonas (incluindo acetona, tetracloreto de carbono, extintores de incêndio, ou fluido de degelo), thinners,

hidrocarbonetos aromáticos, éteres, compostos para a limpeza de vidros ou outros solventes não aprovados para plásticos acrílicos transparentes, a fim de remover o papel protetor ou outros materiais estranhos, pois eles podem amolecer ou rachar a superfície dos plásticos.

Quando for necessário remover o papel protetor da placa de plástico durante sua fabricação, a superfície deverá ser novamente protegida logo que possível, ou substituído o papel original nas partes relativamente planas, ou aplicado um revestimento protetor nas partes curvas.

Certos revestimentos protetores em aerossol são fornecidos para peças moldadas. A espessura do revestimento deve ser no mínimo de 0,009 pol. Um pedaço de tecido deve ser embebido no revestimento no momento da aplicação para ajudar na remoção do protetor.

Os revestimentos que permanecem em peças moldadas por 12 a 18 meses tornam-se difíceis de remover. Em nenhuma circunstância deverá o plástico transparente ou as peças moldadas, revestidas com esse material, serem armazenados ao ar livre, sujeito ao Sol por mais de 4 meses.

Para remover o revestimento em aerossol do plástico, o descascamos ou levantamos uma das pontas do filme, e inserimos um fluxo de ar sobre pressão.

Se a camada for muito fina para ser removida como um filme contínuo, aplicamos uma nova demão do composto, reforçado com uma camada de tecido, obtendo um filme mais espesso. Deixamos secar. Ensopando-se a peça revestida, usando-se uma flanela limpa saturada com água morna ajudará a soltar o filme, de forma que ele possa ser descascado manualmente. Nunca se deve usar solvente.

Deve-se ter extremo cuidado para não arranhar a superfície do plástico. Jamais devemos empregar ferramentas para remover o filme, pois há perigo de arranhões.

5.4 MOLDAGEM DE PLÁSTICOS

Os plásticos transparentes tornam-se macios e maleáveis quando aquecidos às suas respectivas temperaturas de moldagem.

Eles podem, então, ser moldados em quase qualquer forma e, após o resfriamento, o material retém a forma, exceto quanto há uma pequena contração.

Não é bom moldar a frio os plásticos transparentes (ou seja, empená-los sem aquecimento).

Os plásticos transparentes podem ser dobrados a frio (curva única) se forem finos e se o raio da curva for de pelo menos 180 vezes a espessura da chapa.

Por exemplo, um pedaço de plástico transparente com 18 pol de comprimento e 0,250 pol de espessura deve ser defletido mais de 3/4 de polegada.

A dobragem a frio, além desses limites, poderá resultar em minúsculas fissuras na superfície do plástico devido ao estresse imposto, além do recomendado para carga contínua. Para moldagem a quente, os plásticos transparentes devem ser mantidos à temperatura adequada recomendada pelo fabricante.

Processos de Fabricação

A fabricação de plásticos transparentes pode geralmente ser comparada a de madeiras ou metais macios. Mão de obra especializada, equipamento adequado e um desenho próprio não são menos essenciais à fabricação de plásticos transparentes, do que em outros materiais utilizáveis por métodos semelhantes. Equipamentos utilizados em serviços leves e médios em madeira, com pequenas modificações são satisfatórios, porém máquinas pesadas menos suscetíveis a vibrações são melhores.

Quando não for requerida extrema precisão, o serviço pode ser esboçado a lápis diretamente sobre o papel protetor.

Para uma precisão maior, contudo, é bom riscar as linhas diretamente sobre a superfície do plástico. Usa-se ângulos retos ou gabaritos para desenho de acordo com a necessidade do serviço. Se o papel protetor for removido antes de riscar, ele deve ser substituído nas áreas internas do desenho com uma margem de 1/4 de polegada, antes do corte da peça.

Os gabaritos de desenho podem ser de plástico, aos quais alças adequadas podem ser coladas. Bordas cortantes ou pontos ásperos nesses gabaritos devem ser cuidadosamente arredondados.

No caso de gabaritos metálicos é bom colarmos uma flanela sobre os superfícies de contato.

Corte

A riscagem e o lixamento das bordas são os métodos de corte mais usados em seções planas ou peças curvas em duas dimensões. A placa é, primeiramente, cortada no formato aproximado com uma serra de fita, usando uma linha riscada como guia e cortando com uma margem de aproximadamente 1/16 de polegada.

Usa-se discos de lixa para remover o material dos lados retos ou de curvas externas. Usa-se lixas de tambor para os lados com curva interna. No lixamento de formas irregulares ou peças grandes de difícil manuseio ao redor de uma máquina fixa, utiliza-se uma lixadeira manual a ar comprimido ou elétrica.

Furação

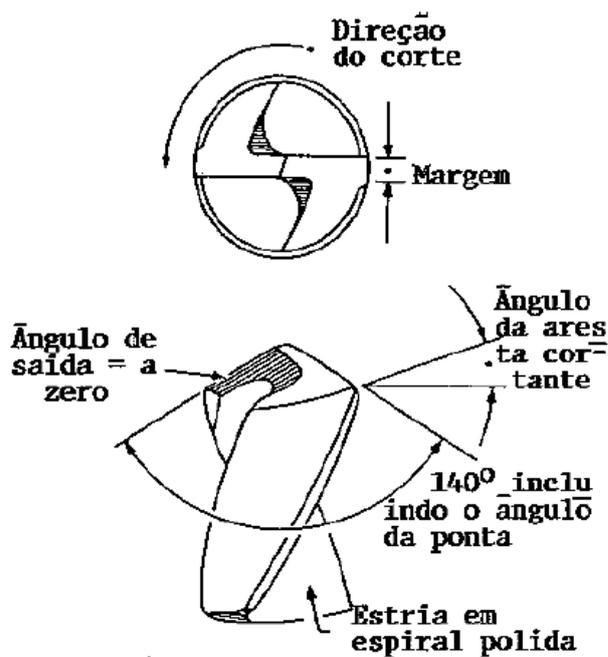
Para obtermos tanto precisão quanto segurança, seguramos a peça com grampos ou fixadores adequados. As brocas comumente usadas para metais macios podem ser usadas satisfatoriamente em plásticos, com os cuidados normais observados. Contudo, os melhores resultados são obtidos se as brocas forem apontadas tendo as seguintes recomendações em mente:

- 1) A broca não deve ter dentes que possam comprometer o acabamento da superfície;
- 2) O ângulo de saída ou caimento da ponta da broca deverá ser zero;
- 3) O tamanho da aresta cortante (e portanto a largura do lábio) pode ser reduzido, aumentando-se o ângulo da broca. (Ver figura 5-96).

Usamos brocas com canais polidos e levemente espiralados. Os canais devem ser tão largos quanto possível.

O melhor lubrificante e arrefecedor para a furação é um óleo solúvel em água. Para fazer furos médios ou rasos não é necessário o arrefecedor. Para os furos fundos necessita-se de um arrefecedor.

Furos profundos transparentes e mais limpos podem ser produzidos fazendo-se um furo piloto, primeiro um pouco maior que a metade do diâmetro do furo final, enchendo esse furo com cera e depois furando até o diâmetro final. Se o furo piloto transpassar o "Plexiglass", ele deverá estar apoiado sobre madeira para tampar o furo e permitir que a cera atue.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-96 Broca para plástico.

A cera lubrifica o corte e suporta o material expelido durante a furação. No "Plexiglas" transparente o furo resultante é mais limpo, suave e transparente que os furos produzidos por outros métodos. Os furos largos podem ser cortados com brocas ocas, serras em círculo, cortadores ou trépanos. Todas essas ferramentas podem ser usadas na furadeira de coluna ou em furadeiras manuais.

Em geral, a velocidade de furação do "plexiglass" depende largamente da qualidade do equipamento usado. O "plexiglass" pode ser furado numa velocidade em que a broca não patine suficientemente para afetar o acabamento do furo. Contudo, os furos de largo diâmetro requerem velocidades menores de rotação para gerar melhores resultados. Além disso, o "plexiglass" deve ser apoiado sobre madeira e a introdução deve ser reduzida à medida que a broca transpassa a chapa.

Sempre que os furos transpassarem o "plexiglass", as brocas padronizadas devem ser modificadas para um ângulo de ponta de 60°, o ângulo de saída da borda cortante a 0°, e o ângulo de inclinação da borda cortante de 12° a 15°.

As brocas especialmente modificadas para "plexiglass" estão disponíveis em distribuidores e revendedores autorizados.

Para maior precisão e segurança, as peças de "plexiglass" devem ser bem presas e seguras durante a furação.

FUROS RASOS - A proporção entre profundidade e diâmetro de menos que 1 1/2 por 1, utilizam baixa torção espiral com canais largos modificados para furos transparentes. A remoção de cavacos não é problema na furação de furos rasos, e também não é necessário um resfriador.

FUROS MÉDIOS - Furos com proporção profundidade/diâmetro de 1 1/2 por 1 até 3 por 1. Usamos brocas com baixa torção espiral com canais polidos, que devem ser o mais largos possível, para auxiliar na remoção de uma tira contínua de material. O melhor ângulo interno de ponta, entre 60° e 140°, dependerá do tamanho dos canais. O ângulo de inclinação da borda deve ser de 12° a 15°.

A introdução da broca deve ser controlada de forma que uma tira constante seja cortada e removida, sem superaquecer o plástico na ponta da broca. Não é necessário usar um resfriador para furos com proporção até 3 por 1, apesar de que um jato de ar comprimido dirigido para o furo durante a furação ajuda bastante. Brocas com espirais extralargas e ar comprimido podem extrair um cavaco contínuo dos furos com proporção até 5 por 1.

FUROS FUNDOS - A proporção profundidade/diâmetro maior que 3 por 1.

Usamos brocas com torção espiral lenta com largos canais polidos e um ângulo incluso de 140°. Esse ângulo mais aberto na ponta resulta em uma menor borda cortante e num cavaco mais fino. O ângulo de inclinação da borda deve ser de 12° a 15°. A introdução deve ser lenta - aproximadamente 2 1/2" por minuto (de forma que forme pó ao invés de raspas ou um cavaco contínuo). Um resfriador é necessário em furos fundos para evitar marcas ou queimaduras na superfície do furo.

O ar comprimido pode ser usado como um resfriador para furos com proporção até 5 por 1. A água, ou água e óleo, também podem ser usados como resfriadores.

Quando aplicados no furo de entrada, o resfriador é bombeado para fora pela broca, e raramente alcança a ponta da broca. Um óleo padrão pode ser usado para garantir a chegada do resfriador até a ponta da broca. O resfriador também pode ser aplicado através de um furo piloto com 95% da profundidade total, ou furado pelo lado oposto.

Colagem

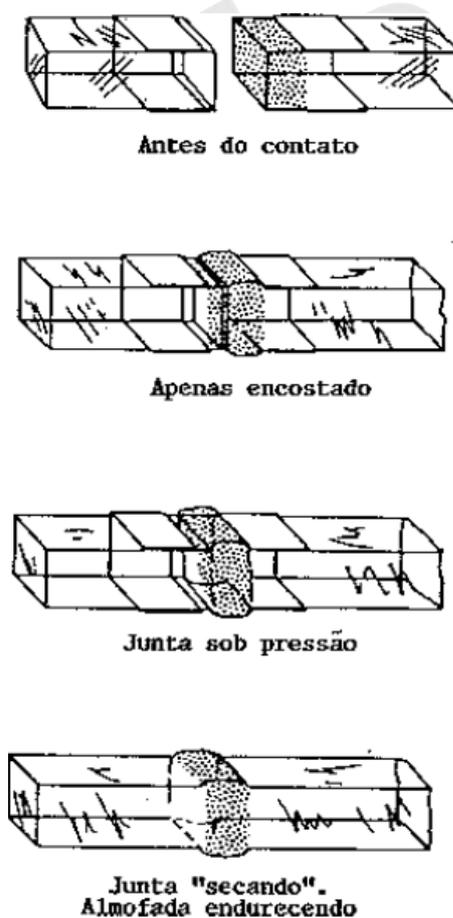
Com cuidado e os procedimentos adequados, é possível obter uma junta colada cuja resistência se aproxima da resistência do plástico original. A colagem de plásticos acrílicos

transparentes depende da interligação das duas superfícies da junta, de forma que exista uma coesão real.

Para gerar a coesão, um solvente orgânico líquido é usado para atacar o plástico, produzindo uma camada macia bem definida chamada de almofada, como mostra a figura 5-97.

O método mais comum de colagem de plásticos transparentes é o "método molhado". Ele consiste na imersão de uma das duas partes a serem coladas no solvente, até que uma almofada suficiente seja formada.

Quando essa superfície é pressionada contra a superfície seca, o solvente em excesso produz interligação das duas superfícies, como mostrado na figura 5-97.

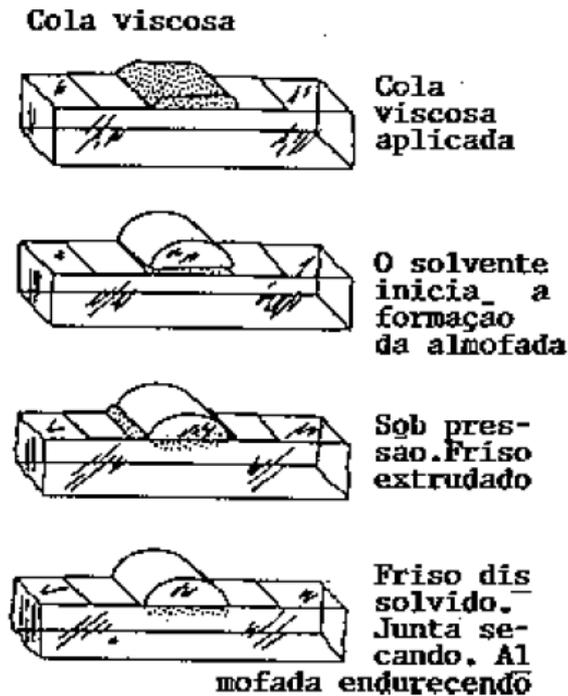


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-97 Colagem com solvente.

Às vezes, por conveniência, raspas de plástico transparente, do mesmo tipo do plástico a ser colado, são dissolvidas para dar uma consistência mais espessa e serem aplicadas como uma cola. Essa cola viscosa, contudo, age exatamente pelo mesmo princípio do solvente molhado. Por exemplo, o solvente excedente amacia e incha as superfícies,

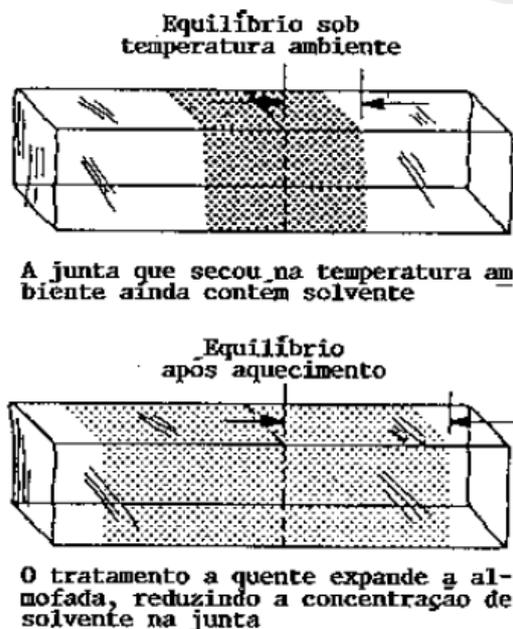
permitindo uma interligação das almofadas e a formação de uma cola coesiva, como mostra a figura 5-98.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-98 Colagem com cola viscosa.

Uma junta com solvente nunca seca completamente, ou seja, ela nunca fica totalmente livre do solvente. Se a temperatura for aumentada, a almofada aumentará devagar até que um novo equilíbrio seja alcançado, como mostra a figura 5-99.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-99 Efeitos do tratamento a quente.

Durante o resfriamento, a almofada diminuirá e endurecerá correspondentemente, uma vez que contenha menos solvente por unidade de volume. Aquecendo-se uma junta com solvente, tempo bastante para expandir sua almofada, irá produzir uma junta bem mais forte.

As juntas coladas devem receber calor com cautela. O calor primeiramente ativa o solvente, que amacia a almofada. A almofada então expande-se vagarosamente à medida que o solvente penetra no material. No tratamento térmico, é importante que a temperatura não se aproxime do ponto de amolecimento do plástico.

É importante que a junta esteja bem endurecida antes de ser aparada, lixada ou polida para remover os ressaltos.

Cuidados e Manutenção

A visão é tão vital em uma aeronave, que a manutenção diária de painéis transparentes é da maior importância. Métodos de manutenção adequados devem ser aplicados sempre que a visão for comprometida como resultado de ação física ou química, ou defeitos, e todos os esforços devem ser feitos para eliminar possíveis danos à aeronave durante a manutenção.

A substituição de painéis de plástico transparente é causada pelo rachamento, aparentemente causado pela exposição de solventes perigosos e manuseio inadequado da manutenção. O rachamento é um grupo de rachaduras, estendendo-se em todas as direções sobre a superfície do plástico. Elas também podem ocorrer dentro do plástico ou próximo a juntas coladas.

O uso de fluidos de limpeza inadequados é uma das causas mais comuns dessas dificuldades. A ação de rachamento de um solvente é geralmente retardada, ou seja, o rachamento pode não se apresentar por várias semanas após a exposição aos solventes ou vapores. Nem sempre é possível determinar imediatamente, por um simples teste, se um limpador será danoso ou não. Para minimizar os danos, as precauções discutidas nos próximos parágrafos devem ser observadas.

A remoção rotineira do filme protetor e outros selos operacionais, onde o polimento para a remoção de arranhões não é requerido, pode ser realizada com o uso de soluções aquosas de detergente. Duas soluções recomendadas são: agente úmido, sintético, não iônico, de acordo com a Especificação Militar MIL-D-16791, ou agente úmido, alquil sulfonato sulfato, 40% ativo.

Esses materiais devem ser usados em concentrações de 2 ou 3 onças por galão de água. Eles devem ser aplicados com flanelas macias ou esponjas de celulose fotográfica sem uso. Os líquidos limpadores e polidores, de acordo com a especificação MIL-C-18767 darão resultados satisfatórios.

Na limpeza de superfícies externas, tira-se sempre os anéis dos dedos antes de lavar plásticos transparentes. O procedimento de limpeza compõe-se dos seguintes passos:

- 1) Molhar a superfície de plástico sob um fluxo de água, com as mãos nuas para sentir as possíveis sujeiras e removê-las mais facilmente;
- 2) Lavar com sabão neutro e água. Certificar-se de que a água está livre de abrasivos. Uma flanela macia, esponja ou camurça, pode ser usada na lavagem. Passar a mão nua sobre a superfície para detectar qualquer sujeira remanescente;
- 3) Secar com uma camurça limpa, uma flanela limpa, ou um tecido macio. Não esfregar o plástico depois que ele estiver seco. Isso não só arranha, como também cria uma carga eletrostática que atrai a poeira. Se a superfície ficar eletrizada, a passagem de uma camurça úmida removerá a carga elétrica e a poeira;
- 4) Nunca usar um pano grosso ou áspero para dar polimento.

O procedimento para limpeza interna consiste em 3 passos:

- 1) Limpar a superfície do plástico com um tecido limpo e saturado com água. Não usar pano seco;
- 2) Secar cuidadosamente com um tecido limpo úmido ou esponja. Manter a esponja ou o tecido livre de partículas, enxaguando-o frequentemente com água limpa;
- 3) Limpar com um limpador aprovado.

Em climas quentes, os painéis transparentes das aeronaves estacionadas podem absorver calor suficiente para amolecerem e distorcerem-se, a menos que certas precauções sejam tomadas. Painéis plásticos instalados em uma aeronave estacionada ao sol podem receber calor diretamente de 3 fontes.

O plástico transparente possui a propriedade de absorver, seletivamente, os raios de sol, de forma que o plástico fique consideravelmente mais quente que o ar no interior ou no exterior da aeronave.

O ar interno da aeronave transfere o calor irradiado pelos membros metálicos para os painéis plásticos.

Para evitar a deformação por calor, dos painéis plásticos das aeronaves estacionadas ao sol, recomenda-se as seguintes precauções:

- 1) Se a temperatura do ar adjacente estiver abaixo de 35°C, não será necessário tomar nenhuma precaução especial;
- 2) Se a temperatura do ar adjacente estiver entre 35°C e 45°C, as janelas devem ser abertas o suficiente para permitir a circulação do ar livre através da aeronave;
- 3) Se a temperatura do ar adjacente for maior que 45°C, o painel deve ser aberto e protegido do sol por uma cobertura adequada que não encoste no plástico. Se possível, a aeronave deve ser estacionada na sombra;
- 4) Para remover a cobertura dos painéis plásticos, devemos levantá-los. Deslizá-los sobre as janelas poderá provocar arranhões.

Os compostos para decapagem, os desengraxantes e o polimento, bem como a maioria dos solventes orgânicos, causarão danos graves aos plásticos acrílicos transparentes. Todos esses painéis devem ser removidos antes de começar a decapagem, e não devem ser reinstalados até que a limpeza e a pintura estejam terminadas e a tinta esteja bem seca, uma vez que esses compostos provocam rachaduras no plástico. As partes plásticas devem ser removidas da área onde a decapagem, desengraxamento ou pintura está sendo feita. As partes devem ser cobertas com tecidos macios.

Se não for possível remover um painel plástico, devemos cortar uma folha de polietileno (com no mínimo 0,010 polegada de espessura e sem furos) exatamente do tamanho da janela. A folha de polietileno deve cobrir perfeitamente a superfície da janela de plástico, e as bordas devem ser aderidas com uma fita de pelo menos 2 pol de largura para permitir pelo menos uma vedação de 1 polegada na aeronave e na folha de polietileno.

Nenhum líquido ou vapor deve atravessar até a janela. É importante que toda a superfície da janela seja recoberta e que nenhuma ferramenta cortante seja usada para remover a cobertura.

Folha de alumínio não é satisfatória como proteção contra pintura (e outros aerossóis que contenham solventes) devido à sua baixa resistência a cortes. Qualquer revestimento protetor de acordo com a Especificação Militar MIL-C-6799, é satisfatório como proteção contra tinta e outros aerossóis que contenham solventes.

Não lixe plásticos transparentes a menos que seja absolutamente necessário. Arranhões com profundidade máxima de 0,001 pol não devem ser polidos, para não prejudicarem a visibilidade.

5.5 PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO

Há diversos métodos para a instalação de painéis de plástico transparente em aeronaves. O método utilizado pelo fabricante dependerá da posição do painel na aeronave, dos estresses aos quais ele estará sujeito, e de uma série de outros fatores. Durante a instalação de um painel de reposição, segue-se o mesmo método usado pelo fabricante da aeronave.

Quando for encontrada dificuldade na instalação de rebites pode-se utilizar parafusos na instalação de painéis de reposição, desde que os requisitos de resistência original do fabricante sejam mantidos e que os parafusos não incomodem os equipamentos próximos.

Em alguns casos esses painéis novos não se encaixam exatamente no lugar. Sempre que for necessário ajustar um painel de reposição, deve-se consultar, se possível, o desenho original para verificar as folgas previstas. Os princípios a seguir devem ser considerados na instalação de todos os painéis de reposição.

O encaixe e o manuseio devem ser feitos com o papel protetor instalado. Não se risca o plástico através do papel protetor. Nas bordas onde materiais transparentes serão cobertos, ou fixados, o papel protetor é removido. Quando submetidos a grandes estresses, os plásticos transparentes tendem a rachar. É muito importante que esses plásticos sejam instalados de forma que esses estresses sejam evitados.

Uma vez que os plásticos transparentes são quebradiços em baixas temperaturas, deve-se ter cuidado para evitar rachamento durante a manutenção.

As partes de plástico transparente devem ser instaladas à temperatura ambiente, se possível.

Nunca forçamos um painel de plástico a fim de encaixá-lo.

Se o substituto não encaixar facilmente no montante, procuramos outro substituto ou lixamos o painel o bastante para obter o tamanho exato que se encaixe na moldura.

Remoldamos as áreas do painel, pois os métodos de aquecimento local são, em geral, apenas superficiais e não reduzem as concentrações de estresse.

Dimensões do painel em pol. **	Tolerância dimensional em pol. *	
	Exigido para expansão De 25° C (77° F) a 70° C (158° F)	Exigido para expansão De 25° C (77° F) a -55° C (-67° F)
12	0.031	0.050
24	0.062	0.100
36	0.093	0.150
48	0.124	0.200
60	0.155	0.250
72	0.186	0.300

* Onde a configuração de uma parte curva é tal que aumenta o tamanho devido ao contorno, as limitações devem ser reduzidas se não resultar em estresse localizado. Instalações que permitam variação linear em ambas as extremidades, requerem metade da folga listada.

** Para outras medidas que não sejam as apresentadas, use a folga proporcional.

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-100 Tolerâncias de expansão e contração.

Uma vez que o plástico se expande e contrai aproximadamente 3 vezes mais que o metal, deve-se prever uma margem adequada para as mudanças dimensionais por temperatura. Usamos os valores mostrados na figura 5-100, como as folgas mínimas entre a estrutura e os plásticos.

Montagens com Parafusos e Rebites

Nas instalações com parafusos, devem ser usadas porcas de espaçamento para evitar um aperto excessivo do parafuso. Sempre que tais dispositivos forem usados pelo fabricante da aeronave, eles devem ser mantidos nas substituições.

Para assegurar uma instalação duradoura, dá-se atenção especial aos seguintes fatores:

- 1) Usar tantos parafusos ou rebites quantos possíveis;
- 2) Distribuir os estresses totais tão igualmente quanto possível pelos parafusos e rebites;
- 3) Assegurar-se de que os furos feitos no plástico sejam suficientemente largos para permitir a expansão e a compressão do plástico em relação à estrutura;
- 4) Assegurar-se de que os furos no plástico sejam concêntricos com os furos na estrutura, de forma que a maior expansão relativa do plástico não force uma borda dos furos. Os furos devem ser lisos e livres de cavacos ou rugosidades;
- 5) Utilizar espaçadores sob medida, ou qualquer outro dispositivo para proteger o plástico da pressão direta.

Fixação das Bordas por Fibra Sintética

As fixações mais modernas de plásticos transparentes são feitas de fibras sintéticas, especialmente impregnadas com resinas plásticas. As fibras mais comumente usadas são a de vidro, orlon, nylon e dacron.

Fixações com reforço laminado são o tipo preferido, especialmente quando a montagem com parafusos ou rebites é necessária. As bordas têm a vantagem de distribuir mais eficientemente a carga, reduzindo as falhas causadas pela expansão técnica diferencial.

As fixações com bordas laminadas podem ser montadas através de quaisquer dos métodos sugeridos, com quaisquer furos necessários feitos através do material de fixação das bordas sem perfurar o plástico transparente.

O método mais eficiente de fixar uma borda laminada é através do método do "furo ranhurado". Os furos ranhurados ficam na fixação das bordas e permitem a expansão térmica diferencial.

Fixações por anéis de tecido são às vezes adicionadas ao material plástico com um cabo ou extensão contida dentro do anel. Uma extensão especial é necessária para conter o anel e o cabo.

5.6 PLÁSTICOS LAMINADOS

Os painéis de plástico laminado são feitos, colando-se duas camadas de folhas monolíticas transparentes com uma camada interna de plástico macio. Eles são instalados em aeronaves pressurizadas devido a sua maior resistência ao estilhaçamento e à descompressão explosiva, quando comparado aos painéis de plástico monolítico.

Plásticos à Base de Acetato de Celulose.

Em geral, os métodos usados para a fabricação, reparo e manutenção de plásticos à base de acetato de celulose são semelhantes aos usados para plásticos acrílicos. No manuseio de plásticos à base de acetato de celulose, atentamos para as seguintes variações e adições às recomendações já dadas para os plásticos acrílicos.

Uma vez que a composição química dos plásticos à base de acetato diferem em relação aos acrílicos, a cola usada é do tipo diferente. Geralmente, dois tipos são usados, o solvente e o dope.

A cola tipo solvente é geralmente usada onde a transparência deve ser mantida na junta. Ela seca relativamente rápido e adapta-se bem ao uso em reparos de emergência. Contudo, mesmo secando rápido, seu tempo de secagem variará de acordo com o tamanho da junta e as condições meteorológicas. A acetona pode ser usada como uma cola solvente. A cola tipo dope é preferida para uso onde as superfícies a serem unidas não se encaixam perfeitamente.

Essa cola amolece as superfícies da junta e, ao mesmo tempo, cria uma camada entre as partes a serem coladas. Contudo, ela não forma uma junta transparente e seca mais lentamente que o solvente. Ela leva de 12 a 24 horas para endurecer totalmente.

Uma vez que as taxas de contração e expansão dos plásticos à base de acetato são maiores que as dos acrílicos, deixamos maiores folgas em suas montagens. Esses plásticos são afetados pela umidade e incham à medida que absorvem água. Em geral, deixamos uma folga de 1/8 da polegada para cada pé de comprimento para a expansão, e 3/16 da polegada por pé para a contração.

5.7 COMPONENTES DE FIBRA DE VIDRO

Devido a sua inigualável taxa resistência/peso, a habilidade de ser atravessado por ondas de rádio e radar, a facilidade de moldagem em contornos, a imunidade a mofo, e às características de resistência às intempéries e adaptabilidade a numerosos lugares e formatos, a fibra de vidro é um material versátil com numerosas aplicações na construção das aeronaves modernas. Algumas das aplicações são radomes, carenagens de antenas e caixas de junção.

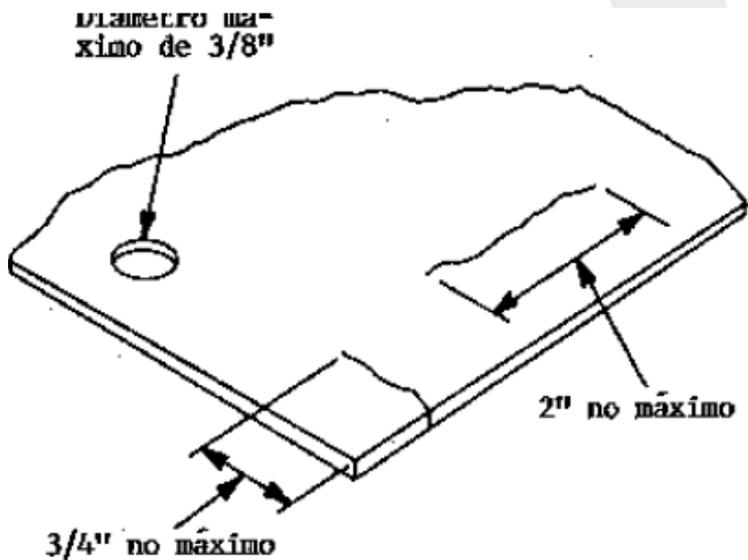
A fibra de vidro é feita a partir de esferas de vidro especiais. Através de um processo de fabricação, o vidro é transformado em fibras que podem resultar em um tecido, uma manta moldável ou um fio. O fio é usado para produzir peças moldadas. O tecido de fibra de vidro é usado na produção de formas laminadas ou no reparo de peças laminadas. Outro uso é no reparo de estruturas metálicas.

Peças de Manta Moldada

Partes não estruturais, tais como caixas de junção, dutos de aquecimento, blindagens de relés e, outras aplicações elétricas, são feitas de mantas de fibra de vidro. A manta de fibra de vidro moldada é feita de pequenos pedaços de fibra moldados em forma de tela. Os

conjuntos são fabricados por um processo onde as fibras são moldadas ao redor de uma fôrma, coladas através de uma resina, e curada sob temperatura e pressão.

O descuido no manuseio ou remoção de peças de manta moldada podem danificar o conjunto. A vibração pode ser mais uma causa de rachaduras nos conjuntos. Os danos geralmente consistem em furos ou rachaduras (figura 5-101). Procedimentos semelhantes de reparo são usados para ambos os danos.



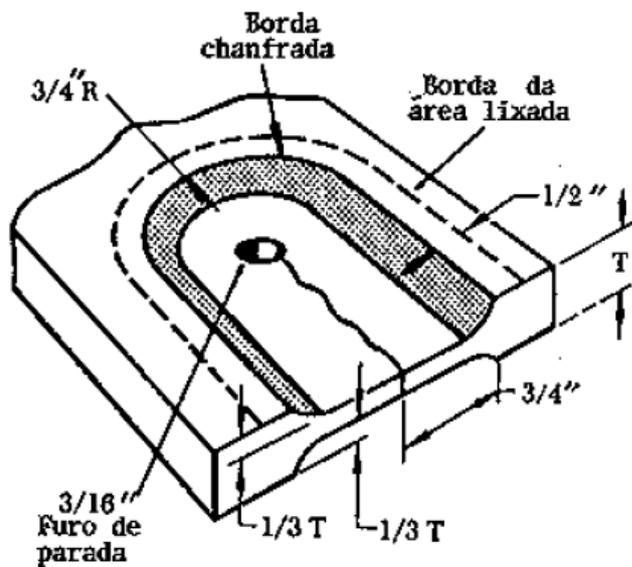
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-101 Defeitos típicos em partes de manta moldada.

Procedimentos de Reparo

Os procedimentos a seguir são típicos para peças de manta moldada. Contudo, eles não são os únicos. A seção correspondente do Manual de Reparo Estrutural da aeronave em questão deve ser consultada e seguida em todos os casos.

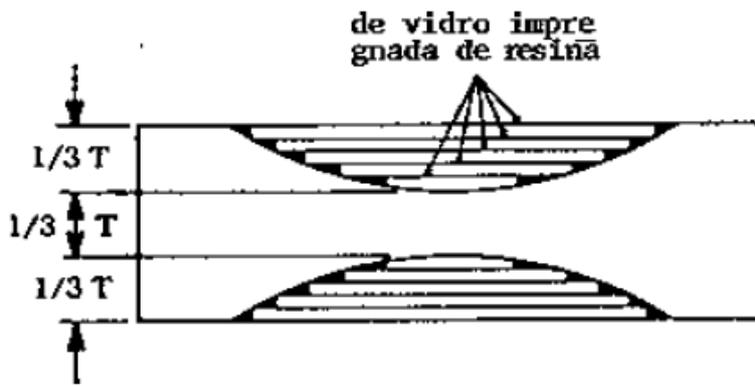
- 1) Inspecionar a peça quanto ao local da rachadura;
- 2) Remover a tinta ou revestimento ao redor do dano;



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-102 Reparo em manta moldada.

- 3) Fazer um furo de alívio no final da rachadura. O tamanho da broca não deve ser inferior a 1/8 da polegada, nem maior que 3/16 da polegada;
- 4) Riscar e lixar a área danificada até às dimensões dadas na figura 5-102. Remover um terço do material de ambos os lados da área danificada. Chanfrar a área de 15° a 45°, como mostrado na figura 5-102, e lixe 1/2 polegada além da área chanfrada;
- 5) Preparar dois pedaços de filme de PVA (álcool polivinil), grandes o bastante para cobrir a área do reparo;
- 6) Preparar dois pedaços de metal, grandes o bastante para cobrir a área. Usar qualquer pedaço de metal que mantenha a pressão;
- 7) Checar e ligar o forno por circulação de ar. Ajustar o regulador de temperatura para 95°C;
- 8) Selecionar e preparar a mistura de resina;
- 9) Cortar a manta de fibra e saturá-la na resina. Cortar pedaços suficientes para encher a área chanfrada até o seu contorno original;
- 10) Inserir a manta saturada na área do reparo. (Ver figura 5-103).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-103 Inserção de seções saturadas.

- a) Fazer um lado de cada vez;
 - b) Cobrir cada lado com um pedaço de PVA;
 - c) Colocar a chapa de metal preparada em ambos os lados do reparo;
 - d) Manter o reparo no lugar com um grampo "C".
- 11) Colocar a peça no forno pré-aquecido por pelo menos 1 hora (verificar as instruções do fabricante da resina usada);
 - 12) Retirar a peça do forno e deixá-la resfriar à temperatura ambiente;
 - 13) Desmontar o reparo, removendo o grampo "C", as placas de metal e o filme de PVA;
 - 14) Lixar ambos os lados, até um acabamento polido, mantendo o contorno original da peça;
 - 15) Inspeccionar o reparo quanto a sua rigidez, com o teste do som metálico. Um bom reparo, quando golpeado com uma moeda ou um martelo leve de alumínio produz um som metálico.

5.8 RADOMES

A cúpula que abriga a antena do radar, ou outros equipamentos de radar, é chamada radome. Ele deve ser capaz de suportar os efeitos do impacto com granizo, gelo, vento, as mudanças de temperatura, a eletricidade estática, as velocidades supersônicas e as altitudes estratosféricas. Além disso, ele deve possuir excelentes qualidades dielétricas.

Manuseio, Instalação e Armazenagem

Deve-se ter muito cuidado no manuseio, instalação ou armazenagem dos radomes de aeronaves. A necessidade de cuidados para evitar danos em peças de material composto

deve ser sempre enfatizada. Os radomes são especialmente suscetíveis a danos. O dano, às vezes, pode ser bem pequeno e invisível, mas quando exposto a vibrações, estresse e líquidos, provoca danos físicos. A umidade e a contaminação por óleo podem provocar distorções e perda de energia.

Evita-se também a contaminação por removedores de tintas e decapantes normalmente usados em partes metálicas da aeronave. Alguns desses materiais podem penetrar os revestimentos plásticos do radome e ter um efeito adverso em suas propriedades elétricas ou sua resistência.

A limpeza geral do radome é feita com sabão neutro e água. Quando for necessário usar um solvente para remover óleos e graxas de radomes, usa-se um tecido limpo embebido em Metil-Etil-Cetona.

Os radomes devem ser manuseados com cuidados especiais. A colocação de radomes sobre superfícies ásperas ou entre partes metálicas deve ser evitada. Deve-se ter cuidado de não bater no radome com escadas ou plataformas de manutenção, nem deixá-lo cair no chão. Uma instalação correta de radome começa no procedimento de desempacotamento. Antes de desembalar um radome, limpa-se bem a mesa onde ele vai ser colocado. Segue-se corretamente as instruções de desembalagem do fabricante. Isso evitará danos por parafusos, rebites, pregos, grampos ou outros objetos contundentes.

As instruções de instalação contidas no manual de manutenção da aeronave aplicável devem ser seguidas à risca durante a instalação.

Caso seja necessário lixar o radome para que ele se encaixe em seu montante, as superfícies lixadas devem ser consideradas como um reparo classe 1 (já discutido) e ser reparado de acordo.

Os radomes devem ser guardados em locais com baixa umidade. Devem ser acondicionados em embalagens adequadas ou em prateleiras acolchoadas e apoiados pelos furos de montagem. Evita-se empilhar radomes.

Detecção e Remoção de Óleo e Umidade

Todos os radomes são suscetíveis à contaminação por óleo e umidade. Essa contaminação pode provocar uma séria degradação da performance do sistema de radar da aeronave. A contaminação também provoca o enfraquecimento do radome e sua colagem.

Os radomes devem ser inspecionados quanto a contaminação por óleo ou umidade antes de qualquer reparo ou de serem considerados bons para uso. Eles devem estar limpos e secos antes do teste elétrico.

Os radomes podem ser checados quanto a pontos de umidade, usando um medidor eletrônico. A ponta de prova do medidor deve ser mantida em contato com a superfície interna do radome, e movida lentamente por toda a superfície.

A presença de umidade será indicada no mostrador do instrumento. A detecção e remoção da umidade deve ser feita em todos os radomes antes de qualquer reparo.

Inspeção Quanto a Danos

Os radomes devem ser inspecionados visualmente quanto a delaminação, marcas, arranhões ou erosão do revestimento protetor que possam afetar apenas a camada externa. Eles também devem ser inspecionados quanto a furos, contaminação, fratura de camadas que afetam tanto as camadas de um lado, o miolo, ou danos que se estendam através das camadas externas, o miolo e as camadas internas. As diferentes aeronaves possuem diferentes limites de danos reparáveis, tipos de reparos permitidos e danos não-reparáveis. Essas informações podem geralmente ser encontradas nos manuais de manutenção da aeronave específica.

Danos a materiais compostos são divididos em grupos ou classes, de acordo com a severidade e efeitos sobre a estrutura da aeronave e sobre a eficiência elétrica. Os danos são classificados em 3 classes básicas: (1) Reparos classe 1 - riscos, arranhões ou erosão afetando apenas o revestimento externo; (2) reparos classe II - furos, não transpassantes, delaminações, contaminações ou fraturas somente em um dos lados, possivelmente acompanhadas por danos ao miolo; e (3) reparos classe III - danos estendendo-se completamente através do sanduíche, afetando ambas as faces e o miolo.

Reparos de Radome

Os procedimentos de reparo são desenvolvidos com o objetivo de equalizar tanto quanto possível as propriedades da resistência elétrica da peça original, com aumento mínimo de peso. Isso pode ser feito reparando-se as partes danificadas com materiais e técnicas aprovadas. Por isso, os reparos de radomes devem ser feitos de acordo com os

procedimentos do fabricante, por pessoal especialmente treinado em uma oficina que possua os equipamentos adequados para teste, para assegurar um reparo satisfatório.

Teste dos Reparos

Os radomes devem ser reparados de forma a assegurar não apenas sua integridade estrutural, mas também suas características elétricas. O tipo de teste elétrico requerido após um reparo depende do propósito do radome.

Alguns testes elétricos típicos são:

- 1) Transmissividade, é a média de transmissão unidirecional através do radome, ou a relação entre a potência transmitida com o radome e a mesma potência transmitida sem o radome;
- 2) Reflexão por incidência, a potência refletida para o sistema de radar pelo radome;
- 3) Deflexão ou refração, para checar quanto a possíveis fantasmas ou falsos alvos.



Referência Bibliográfica

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



No Próximo Módulo

Caro aluno,

No próximo módulo estudaremos os métodos aplicados na recuperação de estruturas de madeira de aeronaves.



Fonte: www.aviationmaintenance.edu

MÓDULO VI

EMPREGO DE MADEIRA EM AERONAVES

INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Outrora bastante empregada pela engenharia da aviação, a madeira vem sendo substituída por materiais mais modernos e versáteis.

No entanto, ainda há muitas aeronaves em atividade onde a madeira pode ser encontrada em suas estruturas.

Neste módulo iremos tratar das peculiaridades que envolvem a recuperação destas estruturas.

Vamos lá?!

6.1 ESTRUTURAS DE MADEIRA PARA AERONAVES

Enquanto a tendência é, sem dúvida alguma, que as aeronaves sejam construídas totalmente de metal, ainda existem algumas aeronaves nas quais a madeira foi utilizada como material de estrutura. A inspeção e o reparo dessas estruturas continuará a ser

responsabilidade do mecânico de célula. A habilidade de inspecionar estruturas de madeira e reconhecer defeitos como a podridão-seca, falhas de compressão e etc., deverá ser desenvolvida.

As informações desta seção são de natureza geral e não deverão ser consideradas como substitutas às instruções específicas contidas nos manuais de reparos e manutenção do fabricante. Os métodos de construção variam de acordo com o tipo de aeronave, assim como os vários procedimentos de reparo e manutenção.

6.2 INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA

Sempre que possível, a aeronave deverá ser mantida em um hangar seco e bem ventilado, com todas as janelas de inspeção, painéis de acesso etc., removidos por tanto tempo quanto possível antes da inspeção. Se a aeronave estiver bem seca, isso facilitará a inspeção, especialmente se for determinar as condições de juntas coladas.

Antes de iniciar uma inspeção minuciosa das juntas coladas e da madeira, uma impressão geral sobre as condições da estrutura geralmente pode ser obtida através da aparência externa da aeronave.

As asas, fuselagem e empenagem devem ser checadas quanto a ondulações, empeno ou qualquer outra deformação do formato original. Em locais onde as asas, fuselagem ou empenagem e o revestimento formam estruturas sujeitas a estresses (figura 5-104), não são permitidas deformações ao contorno ou formato originais.

No caso de estruturas leves, cobertas por uma única camada de compensado, pode-se permitir alguma ondulação seccional ligeira, ou saliência entre painéis, desde que a madeira e a cola estejam confiáveis. Contudo, onde existam tais condições, deve ser feito uma checagem minuciosa quanto à adesão do compensado à sua estrutura de suporte. Um exemplo típico está ilustrado na distorção da figura 5-105.

Os contornos e o alinhamento dos bordos de ataque e fuga são muito importantes, devendo ser feito uma checagem detalhada quanto à modificação do formato original. Qualquer distorção dessas estruturas de compensado leve e de espruce é um indicativo de deterioração, e deverá ser feita uma inspeção interna detalhada quanto à segurança dessas partes na estrutura principal da asa, e quanto à deterioração desses membros. Caso seja encontrada deterioração desses componentes, a estrutura principal da asa poderá também ser afetada.

Cortes na entelagem sobre superfícies de compensado não deverão ser reparados com dopamento de pequenos reparos de tela colados sobre os cortes. Em todos os casos, a tela defeituosa deverá ser removida para assegurar que o revestimento de compensado ainda está utilizável, uma vez que geralmente um corte no revestimento de compensado é o responsável pelo corte na entelagem.

Apesar de uma inspeção preliminar da estrutura externa ser útil na determinação das condições gerais da aeronave, deve-se observar que a deterioração da madeira e da cola podem ocorrer dentro de uma estrutura, sem indicações externas. Nos locais onde a umidade pode penetrar na estrutura, ela buscará os pontos mais baixos, onde se estagnar e promoverá uma deterioração rápida. Deve-se observar também que a deterioração da cola pode ocorrer por outros motivos, sem a presença de água. A falha da cola e a deterioração da madeira estão geralmente intimamente aliados, e a inspeção das juntas coladas deverá incluir um exame da estrutura de madeira adjacente.

A inspeção de uma aeronave quanto à cola ou a deterioração da madeira necessitará de checagens nas partes da estrutura em que se conhece ou suspeita serem pontos de problema, e que são em muitos casos isolados ou inacessíveis. Em tais casos, requer-se uma desmontagem considerável, e poderá ser necessário cortar janelas de acesso na estrutura de compensado para facilitar a inspeção. Tal serviço deverá ser realizado somente de acordo com desenhos provados, ou o manual de reparos da aeronave em questão.

6.3 INSPEÇÃO DE JUNTAS COLADAS

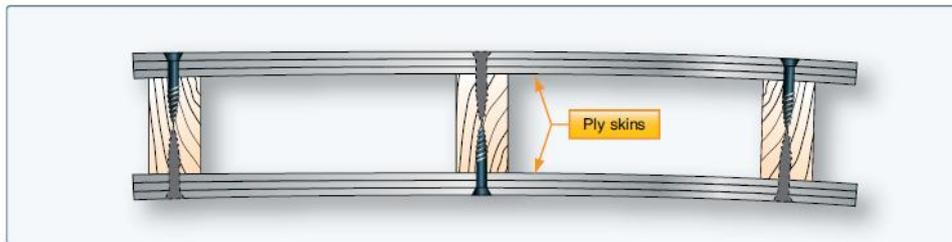
A inspeção de juntas coladas em estruturas de aeronaves apresenta dificuldades consideráveis.

Mesmo onde existe acesso às juntas, ainda assim é difícil assegurar sua integridade. Devemos ter isso em mente quando inspecionarmos estruturas de madeira.

Alguns dos fatores que mais comumente causam a deterioração da cola são: (1) Reações químicas na cola, causadas pelo tempo ou umidade, temperaturas extremas, ou a combinação desses fatores; (2) forças mecânicas causadas principalmente pelo encolhimento da madeira; e (3) desenvolvimento de fungos. As aeronaves expostas em amplas mudanças de temperatura e umidade estão mais propensas ao encolhimento da madeira, o que poderá levar à deterioração da cola.

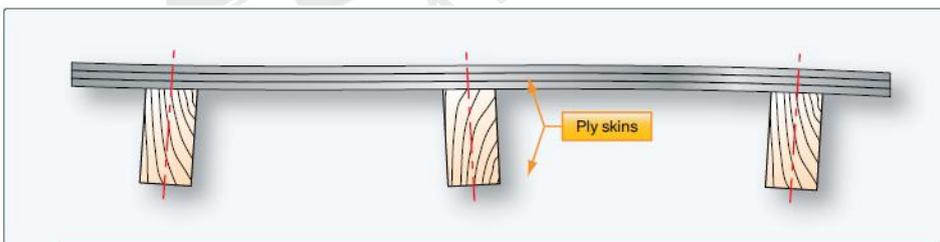
A quantidade de movimento dos membros de madeira devido a essas mudanças varia de acordo com o tamanho de cada membro, o índice de crescimento da árvore da qual a madeira foi retirada, e do formato no qual a madeira foi convertida.

Portanto, dois componentes maiores da estrutura de uma aeronave, presos um ao outro por cola, dificilmente terão características idênticas. Cargas diferenciais serão transmitidas através da cola, uma vez que os dois membros não reagirão de maneira idêntica e recíproca.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-104 Vista de uma seção de uma estrutura sujeita a estresse.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-105 Estrutura com uma única camada de compensado.

Isto causa estresse à junta de cola, que pode ser normalmente acomodada quando a aeronave é nova, ou não.

Contudo, a cola tende a deteriorar com o tempo, e o estresse nas juntas coladas poderá causar sua falha. Isso ocorre mesmo quando a aeronave é mantida em condições ideais.

Quando for checar a condição de uma linha de cola (a borda da junta colada), deve-se remover toda a cobertura de tinta, com uma raspagem cuidadosa.

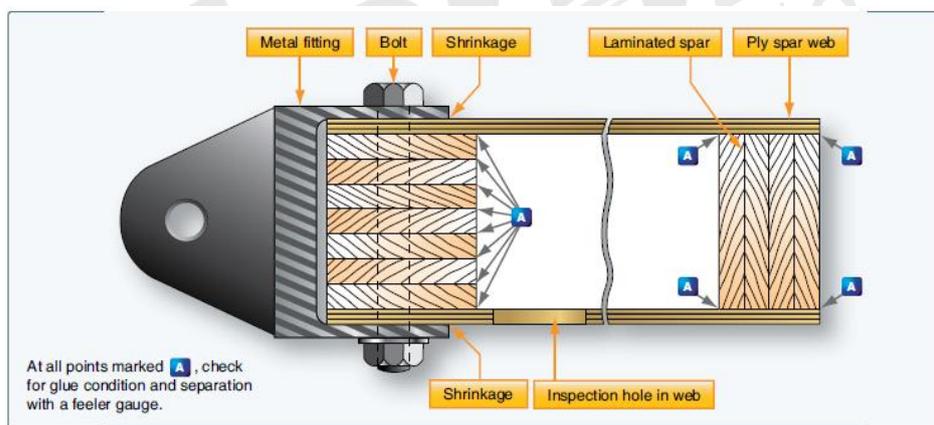
A raspagem deverá parar imediatamente quando a madeira aparecer em seu estado natural e a linha de cola for claramente identificável. A linha de cola é geralmente inspecionada com o auxílio de uma lente de aumento.

Onde ela tender a soltar-se ou, onde a presença de cola não pode ser detectada, nesse caso a testamos com um calibrador de lâmina.

Caso seja possível qualquer penetração, a junta deverá ser considerada com defeito. É importante assegurar que a madeira próxima à junta esteja seca, caso contrário, haverá uma falsa indicação do estado da junta devido ao estufamento da madeira.

Em locais onde a junta sofra pressões, ou da estrutura adjacente ou de dispositivos metálicos tais como parafusos, poderá haver uma falsa impressão quanto a condição da cola, a menos que essa junta seja aliviada dessa pressão antes da inspeção em questão. A escolha da espessura da lâmina do calibrador varia de acordo com o tipo de estrutura, porém deverá ser usada a lâmina mais fina possível.

A figura 5-106 indica os pontos onde uma inspeção com calibrador deverá ser realizada.



Fonte: FAA - Mechanic Training Handbook-Airframe

Figura 5-106 Junta Laminada.

A Condição da Madeira

Não é difícil detectar o apodrecimento ou o mal estado da madeira.

O apodrecimento é indicado através de pequenos pontos que se esmigalham na madeira. Uma descoloração escura ou manchas cinzas ao longo das fibras são sinais de penetração de água.

Se essa descoloração não puder ser removida através de uma raspagem suave, a peça deverá ser substituída.

Uma mancha na madeira devida à cor do endurecedor de um adesivo sintético pode ser desprezada.

Em alguns casos onde haja suspeita de penetração de água, a remoção de alguns parafusos da área em questão revelará, por seu grau de corrosão, a condição da junta adjacente (figura 5-107).

O adesivo causará uma leve corrosão do parafuso seguindo a construção original, por isso, a condição do parafuso deverá ser comparada com a de um parafuso similar, removido de outra parte da estrutura onde não haja contato com água.

Parafusos de bronze são normalmente usados para reforçar membros de madeira colados, embora, algumas vezes, os de bronze zincados sejam usados.

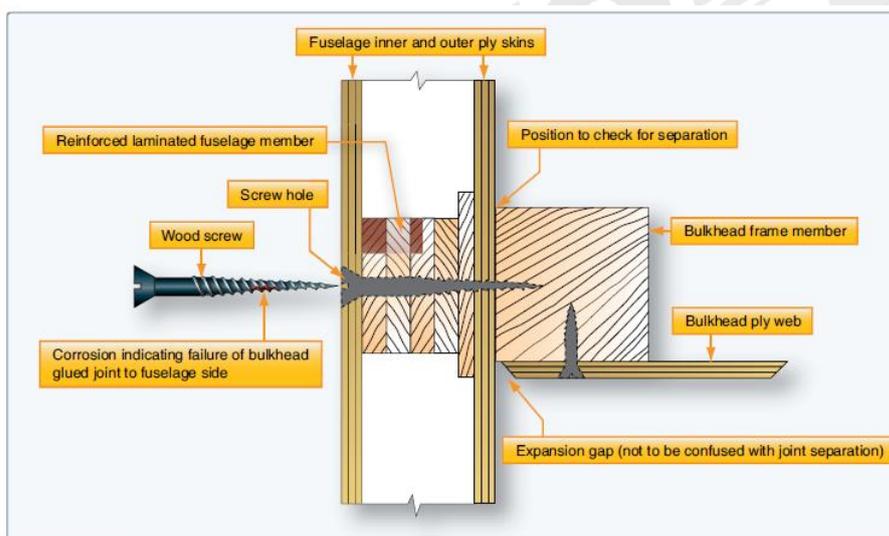
Para madeiras duras como o mogno ou o freixo, é comum a utilização de parafusos de aço.

De um outro modo, especificado pelo fabricante da aeronave, é normal substituir os parafusos por outros novos de comprimento idêntico, porém uma medida a mais em largura. Outro meio de detectar a penetração de água é remover os parafusos que seguram os encaixes nas juntas das raízes das longarinas, suportes de dobradiças dos ailerons, e etc. (figura 5-107). Corrosão na superfície desses parafusos e descoloração da madeira, dão uma indicação confiável de penetração de água.

Somente a experiência em um determinado tipo de aeronave indicará as partes da estrutura mais sujeitas à penetração de água e de aproximação de umidade, como em janelas ou na estrutura inferior das portas. Contudo, isso não é necessariamente um indicativo das condições de toda a aeronave.

As condições do entelamento sobre superfícies de compensado são de grande importância.

Caso haja qualquer dúvida quanto às suas qualidades protetoras ou caso haja qualquer sinal de pouca adesão, rachaduras, ou outros danos, o revestimento deverá ser removido para revelar a superfície do compensado.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-107 Cheque da estrutura quanto a infiltração.

As condições da superfície de compensado expostas devem ser examinadas. A penetração da água será demonstrada através de listras cinza-escuras ao longo da fibra, e uma coloração escura nas juntas ou nos furos dos parafusos.

Caso essas marcas não possam ser removidas através de uma raspagem suave, ou no caso de deterioração avançada onde há pequenas rachaduras na superfície ou separação das camadas do compensado, ela deverá ser substituída. Onde houver evidências da penetração de água, a área de compensado afetada deverá ser suficientemente descoberta para determinarmos sua extensão.

Durante a inspeção, a estrutura deverá ser examinada quanto a outros defeitos de natureza mecânica. Nos próximos parágrafos abordaremos tais defeitos.

Em locais onde parafusos fixam encaixes presos a membros que suportam cargas, ou onde os parafusos estejam sujeitos a cargas de pouso ou cisalhamento, os furos dos parafusos devem ser inspecionados quanto ao alongamento ou esmagamento das fibras da madeira. Os parafusos devem ser removidos para facilitar a inspeção. É importante verificar se os parafusos se encaixam bem em seus furos.

Inspecciona-se quanto à evidência de moissas ou esmagamento de membros estruturais, que podem ser causados, por exemplo, por parafusos apertados além do torque previsto. As técnicas de reparo desses danos dependerão da extensão e da profundidade dos defeitos.

Falhas de compressão, erroneamente denominadas "vibrações", são causadas pela ruptura das fibras transversalmente. É um problema sério que, às vezes, é difícil de detectar. É necessário um cuidado especial ao inspecionar qualquer membro de madeira que tenha sido submetido a uma flexão anormal ou compressão durante um pouso duro. No caso de uma flexão excessiva, a falha surgirá na superfície que foi comprimida. A superfície sujeita a tensão normalmente não apresentará defeitos. No caso de um membro sofrer uma carga excessiva de pressão direta, a falha geralmente será visível em todas as superfícies.

Se houver suspeita de falha por compressão, utiliza-se o foco de uma lanterna ao longo das fibras da madeira para visualizar a pane. Uma junta colada poderá falhar em serviço como resultado de um acidente ou devido à imposição de cargas mecânicas excessivas, sejam elas de tensão ou cisalhamento.

É geralmente difícil determinar a natureza da carga que causou a falha, mas sabe-se que juntas coladas são geralmente desenhadas para suportar esforços de cisalhamento.

Caso uma junta colada tenha falhado devido a tensão, fica difícil determinar sua qualidade, uma vez que essas juntas geralmente apresentam uma aparente falta de adesão.

As falhas por tensão normalmente parecem arrancar a cola de uma das superfícies, deixando a madeira aparente. Em tais casos, a cola deve ser examinada com uma lente de aumento, que deverá revelar uma fina camada de fibras de madeira na superfície colada. A presença dessas fibras indica que a junta não tem problemas.

Se o exame não demonstrar nenhuma fibra de madeira e, sim a impressão do formato das fibras, isso indica a secagem da cola antes da aplicação de pressão durante a fabricação da junta. Caso a cola apresente uma aparência irregular, isto indica que a "pré-cura" ocorreu antes de aplicar pressão, ou que a mesma foi aplicada ou mantida incorretamente. Em tais casos deve-se suspeitar de outras juntas da aeronave.

Quando se espera que uma junta suporte esforços de tensão, ela será fixada por um determinado número de parafusos na área exposta a esses esforços. Caso haja uma falha nessa área, geralmente fica muito difícil formar uma opinião sobre as razões reais do ocorrido devido à rachadura da madeira próximo aos parafusos. Em todos os casos de falha de juntas coladas, qualquer que seja a direção da carga, deverá haver uma fina camada de fibras de madeira aderidas à cola, mesmo que ela tenha se soltado completamente ou não de uma das faces da madeira. Caso não haja evidência de adesão de fibras, isso pode indicar deterioração da cola.

6.4 MANUTENÇÃO E REPARO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA

Danos em estruturas de madeira, tais como nervuras de asa, longarinas e revestimento, frequentemente requerem reparos.

Sempre que houver danos em partes maiores de madeira, deve-se fazer uma inspeção detalhada.

Tipos de Madeira	Resistência em Comparação com o Espruce	Indicação da Fibra	Observações
Espruce	100%	1:15	Excelente para todos os usos. Considerada padrão para esta tabela.
Pinheiro Douglas	Excede o espruce	1:15	Pode ser usado como substituto para o espruce em tamanho igual ou ligeiramente menor, desde que substanciado. Difícil de trabalhar com ferramentas manuais. Alguma tendência a rachar durante a fabricação. Deve-se evitar o uso de grandes peças devido à dificuldade de inspeção. A colagem é satisfatória.
Pinheiro Nobre	Excede ligeiramente o espruce exceto por 8% de deficiência quanto ao cisalhamento.	1:15	Características satisfatórias quanto à aplicabilidade, empenamento e rachamento. Pode ser usado em substituição ao espruce no mesmo tamanho desde que esforços de cisalhamento não sejam críticos. Um pouco menos duro que o espruce. Colagem satisfatória.
Cicuta do Oeste	Excede ligeiramente o espruce	1:15	Menos uniforme em textura que o espruce. Pode ser usado como substituto ao espruce. Colagem satisfatória.
Pinheiro Branco do Norte	Entre 15% e 96% do espruce	1:15	Excelentes qualidades de trabalho e uniforme em propriedades, porém um pouco macio. Não pode ser usado como substituto para o espruce, sem aumento de tamanho para compensar a menor resistência. Colagem satisfatória.
Cedro Branco Port Oxford	Excede o espruce	1:15	Pode ser usado como substituto ao espruce no mesmo tamanho ou em menor tamanho que o espruce, desde que substanciado. Fácil de trabalhar com ferramentas manuais. Colagem difícil, porém pode-se obter boas juntas se forem tomadas algumas precauções.
Álamo Amarelo	Ligeiramente inferior ao espruce exceto quanto a compressão e o cisalhamento.	1:15	Excelentes qualidades de trabalho. Não deve ser usado como substituto direto ao espruce sem levar em consideração a redução de resistência. Resistência um pouco reduzida. Colagem satisfatória.

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-108 Madeiras para uso aeronáutico.

Rachaduras secundárias às vezes começam a alguma distância do dano principal, e se propagam em direções indistintas. O propósito dos reparos em estruturas de madeira é obter uma estrutura tão forte quanto a original. Danos severos requererão substituição de todo o conjunto danificado, porém danos menores podem ser reparados, cortando-se os membros danificados e substituindo-os por novas seções.

Essa substituição é feita com colagem, às vezes, colagem e pregos, ou colagem e emenda com parafusos.

Materiais

Diversos tipos de madeira são comumente usados em aeronaves. Madeira sólida ou o adjetivo "sólido (a)" associado a termos como viga ou longarina, refere-se a um membro

feito de uma única peça de madeira. A madeira laminada consiste de duas ou mais camadas de madeira coladas e com suas fibras aproximadamente paralelas.

Compensado é um conjunto de madeira e cola geralmente formado por um número ímpar de camadas finas (folheado) com as fibras de cada camada formando ângulo de 90° com a camada adjacente. "compreg", "impreg" ou produtos comerciais similares, madeira estabilizada por calor ou quaisquer dos compensados duros comumente usados como mancal ou placa de reforço.

As madeiras listadas na figura 5-108 são aquelas usadas para propósitos estruturais. Para o acabamento interno, qualquer das madeiras decorativas, como o bordo ou a nogueira, podem ser usadas desde que não se necessite de resistência.

Todas as madeiras e compensados usados no reparo de estruturas de aeronaves devem possuir qualidades aeronáuticas. O tipo usado para reparar uma parte deve, sempre que possível, ser o mesmo utilizado. Caso seja necessário substituir por uma espécie diferente, segue-se as recomendações do fabricante.

6.5 DEFEITOS PERMISSÍVEIS

a. Fibra cruzada. Fibra em espiral, fibra diagonal ou uma combinação das duas é aceitável desde que a fibra não divirja do eixo longitudinal do material mais do que o especificado na coluna 3 da figura 108. É necessária uma inspeção das quatro faces da madeira para determinar a quantidade de divergência. A direção de um fluxo de tinta derramada sobre a madeira normalmente determina a direção das fibras.

b. Fibras onduladas, encrespadas ou entrelaçadas. Aceitável caso as irregularidades locais não excedam as irregularidades especificadas para a fibra espiralada e diagonal.

c. Nós duros. Nós duros perfeitos até 3/8 pol em diâmetro máximo são aceitáveis, desde que: (1) não estejam em partes projetadas de vigas em "I" ao longo das bordas de vigas retangulares ou chanfradas, ou ao longo de bordas de flanges de vigas caixão (exceto em partes expostas a pouco estresse); (2) não causem divergência de fibras nas bordas da madeira ou nos flanges de uma viga, além do limite especificado na coluna 3; e (3) eles não estejam no terço central da viga, e a uma distância inferior a 20 polegadas de outro nó ou outro defeito (nós com 3/8 pol, nós menores podem estar proporcionalmente mais próximos). Nós maiores que 1/4 pol devem ser usados com cautela.

d. Grupos de nós em forma de ponto. Pequenos grupos são aceitáveis desde que produzam um pequeno efeito na direção das fibras.

e. Cavidade de resina. Aceitável, na porção central de uma viga desde que a pelo menos 14 pol de distância, quando encontram-se no mesmo anel de crescimento e não excedem 1 1/2 pol de comprimento por 1/8 pol de largura, por 1/8 pol de profundidade, e desde que eles não se encontrem em partes projetadas de vigas em "I" ao longo de bordas de vigas retangulares ou chanfradas, ou ao longo das bordas e flanges de vigas caixão.

f. Listas minerais. Aceitável, desde que não seja notado qualquer apodrecimento durante uma inspeção.

6.6 DEFEITOS NÃO PERMISSÍVEIS

a. Fibra cruzada. Não aceitável, a menos que dentro das limitações descritas em "a".

b. Fibra entrelaçada, ondulada ou encrespada. Não aceitável, a menos que dentro dos limites de "b".

c. Nós duros. Não aceitáveis, a menos que dentro das limitações de "c".

d. Grupos de nós em forma de ponto. Não aceitáveis se produzirem um grande efeito sobre a direção das fibras.

e. Nós de espiga. São nós que percorrem toda a profundidade de uma viga perpendicularmente aos anéis anuais, muito comuns em ripas para construção civil cortadas em quadrados. A madeira que apresentar este defeito será rejeitada.

f. Cavidades de resina. Não aceitáveis, a menos que dentro dos limites de "e".

g. Listras minerais. Não aceitáveis se acompanhadas de apodrecimento (veja "f").

h. Rachaduras, fendas e rupturas. Rachaduras são quebras longitudinais que, em geral, se estendem através dos anéis. Rupturas são quebras longitudinais induzidas por estresse induzido artificialmente. Rejeita-se a madeira que contenha estes defeitos.

i. Compressão. Este defeito reduz bastante a resistência e é difícil de ser reconhecido. É caracterizado por alta gravidade específica, tem a aparência de um crescimento exagerado e, na maioria das espécies apresenta pequeno contraste de coloração entre as madeiras de primavera e verão. Em caso de dúvida, rejeita-se o material, ou as amostras são submetidas ao teste de dureza para estabelecer a qualidade da madeira. Rejeita-se todo o material contendo compressão.

j. Falhas de compressão. Esse defeito é causado por excesso de estresse a que a madeira é submetida durante o crescimento da árvore, corte da madeira sobre terreno irregular, ou manuseio descuidado de troncos ou toras. Caracteriza-se pelo curvamento das fibras que parecem listras na superfície da peça em ângulos retos com as fibras, e variam de falhas pronunciadas até pequeninos fios de cabelo que requerem inspeção minuciosa para sua detecção. Rejeita-se a madeira que apresentar falhas óbvias. Em caso de dúvida rejeita-se a madeira ou examina-se uma amostra no microscópio, ou faça-se teste de dureza, sendo o último método o mais confiável.

k. Apodrecimento. Examina-se todas as manchas e descolorações cuidadosamente para determinar se são ou não inofensivas, ou estão em estágio preliminar ou avançado de decomposição. Nenhuma peça poderá conter qualquer forma de decomposição.

6.7 COLAS

As colas utilizadas no reparo de aeronaves enquadram-se em dois grupos gerais: (1) Caseínas e (2) Resinas. Qualquer cola que preencha os requisitos de performance das especificações militares (EUA) ou tenha sido aceita pelo F.A.A (EUA) é adequada para uso em aeronaves civis certificadas. Em todos os casos, as colas deverão ser usadas estritamente de acordo com as recomendações do fabricante.

As colas à base de caseína têm sido largamente utilizadas em reparos de aeronaves de madeira. As formas, características e propriedades dessas colas à prova d'água têm permanecido substancialmente as mesmas por muitos anos, exceto quanto à adição de conservantes. As colas de caseína para uso aeronáutico devem conter conservantes adequados, tais como fenóis clorados e sais de sódio, para aumentar sua resistência à deterioração orgânica sob exposição a alta umidade. A medida dessas colas é vendida em pó, pronto para ser misturado com água à temperatura ambiente.

Colas de resina sintética para madeira são melhores pois retêm sua resistência e durabilidade em condições de umidade e após exposição a água. As mais conhecidas e comumente usadas são à base de fenolformaldeído, resorcinal-formaldeído e ureiaformaldeído. A de resorcinol-formaldeído é recomendada para aplicação em aviões de madeira.

Materiais como a farinha da casca de noqueira são comumente adicionados pelo fabricante da cola, para facilitar a sua utilização e melhorar sua aplicação em juntas. As temperaturas de cura para as colas à base de ureiaformaldeído e resorcinol são acima de 20° C (70°F).

À temperatura mínima de 20° C (70°F), a linha de cola da junção de uma longarina poderá demorar até 1 semana para curar até a resistência total. Peças de madeira mais finas e/ou temperaturas de cura mais altas reduzem consideravelmente o tempo de cura. Não se pode confiar na resistência de uma junta que foi colada e curada abaixo de 70°F.

Para aqueles não familiarizados com os termos usados em relação a adesivos de resina sintética e sua aplicação, segue um glossário:

- (1) Adesivo de aplicação a frio. É um adesivo que é aplicado e endurece satisfatoriamente à temperatura ambiente, Ex.: 10°C a 32°C (50°F a 80°F), dentro de um período razoável;
- (2) Adesivo de contato estreito. Um adesivo utilizável em juntas sem distância entre as superfícies a serem coladas, que devem ser mantidas unidas por meio de pressão adequada, e onde linhas de cola com mais de 0,005 pol podem ser evitadas com certeza;
- (3) Tempo de conjunto fechado. O intervalo de tempo entre a montagem das juntas e a aplicação de pressão;
- (4) Camada dupla. Camada de adesivo igualmente dividida entre as superfícies a serem juntadas;
- (5) Adesivo para preencher lacunas. Adesivo usável em junta onde as superfícies podem ou não ficar em contato direto, devido à impossibilidade de aplicar pressão ou a pequenas imperfeições na fabricação da peça. A menos que atestado pelo fabricante, esse adesivo não pode ser usado onde a linha de cola exceda 0,050 pol de espessura;
- (6) Linha de cola. A camada resultante da junção de duas superfícies de madeira adjacentes com cola;
- (7) Endurecedor. Material usado para fixar a cola. Pode ser fornecido separadamente em líquido ou pó, ou pode ser incorporado à resina pelo fabricante. É uma parte essencial do adesivo, sendo que suas propriedades dependem do uso da resina e do endurecedor como indicado pelo fabricante;

- (8) Tempo de conjunto aberto. Período de tempo entre a aplicação do adesivo e a junção das superfícies;
- (9) Camada única. Camada de adesivo aplicada em apenas uma superfície;
- (10) Camada de adesivo. A quantidade de adesivo aplicada para unir duas superfícies;
- (11) Resina sintética. Uma resina sintética (fenólica) é derivada de uma reação entre um fenol e um aldeído. Uma resina sintética (amino plástico) é derivada da reação entre ureia, toureia, melamina ou componentes aliados ao formaldeído;
- (12) Adesivo de resina sintética. Uma composição que consiste substancialmente de uma resina sintética, ou fenólica ou amino, mas incluindo um agente endurecedor ou modificador que pode ter sido adicionado pelo fabricante, ou que deva ser adicionado antes do uso, de acordo com as instruções do fabricante.

Adesivos de resina sintética são extensivamente usados para colar estruturas de madeira, a fim de evitar o estresse localizado e os esforços que podem ser gerados pelo uso de meios de fixação mecânicos. A resistência de tais estruturas depende muito da eficiência das juntas coladas, e não pode ser verificada a não ser com a destruição das juntas. A aceitação deverá ser baseada em precauções adequadas durante o processo de colagem e nos resultados obtidos em testes significativos. Os adesivos de resina sintética geralmente consistem de duas partes separadas, a resina e o endurecedor. A resina desenvolve suas propriedades aderentes através da reação química com o endurecedor. Com alguns adesivos, aumenta-se a viscosidade e aumenta-se a propriedade de preencher os espaços.

Resinas sintéticas podem ser obtidas em forma líquida ou em pó. Em geral, as resinas em pó conservam-se por mais tempo em estoque, uma vez que são menos suscetíveis à deterioração causada pela alta temperatura ambiente.

Essas resinas devem ser misturadas com água de acordo com as instruções do fabricante, antes de adicionar o endurecedor. Para obter-se um bom resultado é essencial que eles sejam bem misturados.

Uma vez misturado, o adesivo não deverá ser diluído, a menos que seja permitido pelo fabricante.

Em muitos casos, o fabricante especifica um intervalo de tempo entre a mistura e a aplicação do adesivo.

Durante esse período, o adesivo deve ser coberto para evitar contaminação.

Quando as resinas são fornecidas em forma líquida, elas estão prontas para uso imediato em conjunto com o endurecedor. A resina líquida não deve ser diluída, a menos que autorizado pelo fabricante.

Quando se misturarem o endurecedor e a resina, segue-se as proporções especificadas pelo fabricante.

Não se deve misturar endurecedor com a resina, exceto um pouco antes de sua aplicação.

6.8 COLAGEM

As superfícies a serem coladas devem estar limpas, secas, e livres de graxa, óleo, cera, tinta, etc. É importante que as partes a serem coladas contenham aproximadamente a mesma umidade, uma vez que variações podem causar estresse devido à dilatação ou encolhimento, o que pode levar à falha da junta.

A quantidade de umidade da madeira pode ser determinada tomando-se uma amostra da madeira a ser colada, pesando-a e secando-a em um forno à temperatura de 100°C a 105°C. Usa-se a fórmula:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

Onde,

W_1 = peso da amostra antes da secagem.

W_2 = peso da amostra após a secagem.

Exemplo:

Substituição e solução da fórmula acima:

$$\frac{2 - 1,5}{1,5} \times 100 = 0,33 \text{ ou } 33\%$$

A quantidade aproximada de umidade pode também ser determinada por meio de um medidor de umidade. Quando esse aparelho for usado, sua precisão deverá ser verificada periodicamente. A madeira a ser colada deverá estar a temperatura ambiente. As superfícies

a serem coladas não devem ser aquecidas, uma vez que isso afeta a superfície da madeira e reduz a eficiência da maioria dos adesivos de resina sintética.

Os adesivos de resina sintética são muito sensíveis às variações de temperatura. A vida útil do adesivo, proporção de endurecedor a ser usada, e o tempo de fixação dependerão muito da temperatura do local no momento da colagem.

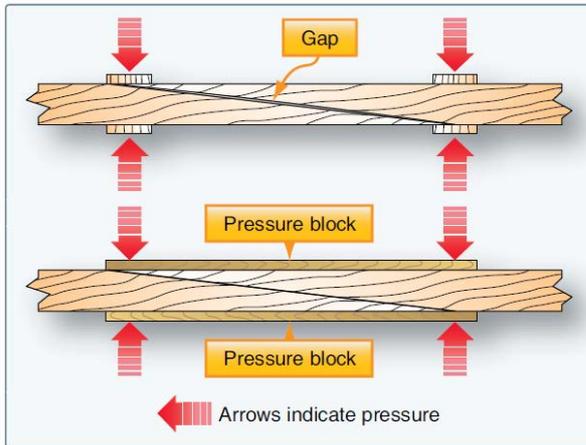
Geralmente deve-se aplicar adesivo nas duas superfícies a serem unidas. Isto se aplica particularmente onde a linha de cola pode ser variável, ou em locais onde não se pode aplicar pressão uniforme.

O adesivo pode ser aplicado com um pincel, um espalhador de cola ou um rolo de borracha ranhurado. A quantidade de cola a ser aplicada depende muito do tipo de madeira e do acabamento das peças. As madeiras densas requerem menos adesivo que as madeiras macias ou porosas. O adesivo deverá ser passado generosamente nas fibras finais. Madeiras suaves, com fibras laterais, podem ser satisfatoriamente coladas com uma fina camada. A regra geral é que o adesivo deve cobrir completamente as superfícies a serem coladas e permanecer úmido até o momento de aplicar pressão à junta.

Haverá condições de difícil colagem quando uma peça de madeira macia tiver que ser colada a uma muito mais densa, devido o adesivo ter a tendência de ser absorvido pela madeira mais macia. Em tais casos, a menos que especificado pelo fabricante da cola, sugere-se aplicar a cola na madeira macia e aguardar uma secagem parcial antes da aplicação normal. Deve-se tomar cuidado durante a aplicação do adesivo para que as superfícies façam um bom contato e que a junta fique posicionada corretamente.

O intervalo entre a aplicação do adesivo e a montagem da junta deverá ser o mais breve possível. Alguns adesivos contêm solventes que devem evaporar antes de unir a junta. Se isso não for feito, poderá haver a formação de bolhas, o que resultará em uma junta fraca. Para adesivos desse tipo, o fabricante especificará um intervalo de tempo a ser computado antes de se unir a junta.

Para garantir que as duas superfícies se unam adequadamente, deve-se aplicar pressão à junta. A resistência da junta dependerá muito da uniformidade com que se aplicar a pressão. Os resultados com pressão uniforme e sem pressão uniforme são ilustrados na figura 5-109.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-109 Resultados da pressão desigual e da pressão uniforme.

A pressão é usada para espremer a cola e formar um filme contínuo entre as camadas de madeira, para retirar o ar da cola, e promover um contato íntimo entre as superfícies da madeira e a cola, e para manter as peças imóveis até o endurecimento da cola.

A pressão deverá ser aplicada antes que a cola fique tão grossa que não possa escorrer e é mantida através de grampos, prensas e outros dispositivos mecânicos.

Uma pressão não uniforme de colagem, comumente resulta em áreas fracas e fortes na mesma junta. A quantidade de pressão requerida para fazer juntas fortes pode variar entre 125 a 150 p.s.i. para madeiras macias, e 150 a 200 p.s.i. para madeiras duras. Pressão insuficiente aplicada a superfícies mal acabadas de madeira, resulta em linhas fracas de cola, ou seja, uma junta fraca que deve ser cuidadosamente evitada.

Os métodos usados na aplicação de pressão nas juntas coladas de aeronaves, variam desde o uso de grampos, pregos, ou parafusos, ao uso de prensas hidráulicas e elétricas. A pregagem manual é usada mais extensivamente na colagem de nervuras e na aplicação de revestimentos de compensado nas asas, nas superfícies de comando e na armação da fuselagem.

Em juntas pequenas, como as usadas em nervuras, a pressão é geralmente aplicada apenas pregando-se cantoneiras no lugar depois de passar a cola. Uma vez que devem ser usados pregos finos para não rachar as nervuras, as cantoneiras deverão ser comparativamente maiores para compensar a relativa falta de pressão. Devem ser usados pelo menos quatro pregos (revestidos de cola ou galvanizados e com ponta de seta) por polegada quadrada, e eles nunca deverão distar mais de 3/4 pol uns dos outros. Pequenos pregos de latão podem também ser usados com vantagem quando as partes a serem coladas são relativamente pequenas e não permitem a aplicação de pressão por grampos.

Aplica-se pressão usando grampos de marceneiro, grampos paralelos ou tipos similares. Usa-se grampos manuais somente em conjunto com madeiras macias. Devido à sua limitada área de pressão, eles devem ser aplicados com uma tira de distribuição de pressão ou bloco, pelo menos duas vezes mais fino que a peça a ser pressionada.

Não são necessários grampos de alta pressão, nem desejáveis, uma vez que se consiga um bom contato entre as superfícies a serem coladas.

Quando se aplica a pressão, uma pequena quantidade de cola deverá escorrer da junta. Esse resíduo deve ser limpo antes de secar. A pressão deve ser mantida durante todo o tempo de secagem da cola. Isto é importante, uma vez que o adesivo não vai aderir, se mexido antes de completamente seco.

O tempo de secagem depende da temperatura em que ocorre a operação. Um aumento de temperatura reduz o tempo de secagem. Contrariamente uma redução na temperatura aumentará o tempo de secagem.

Somente após 2 dias é que a junta estará completamente forte e resistente à umidade. Isso dependerá ainda da temperatura ambiente e do endurecedor usado. Geralmente, durante reparos, a junta estará bem forte após 1 dia.

6.9 TESTE DE JUNTAS COLADAS

Testes frequentes deverão ser feitos para assegurar que as juntas são satisfatórias. Sempre que possível, esses testes deverão ser feitos em pedaços cortados do próprio componente. As amostras deverão medir 1 pol de largura por 2 pol de comprimento.

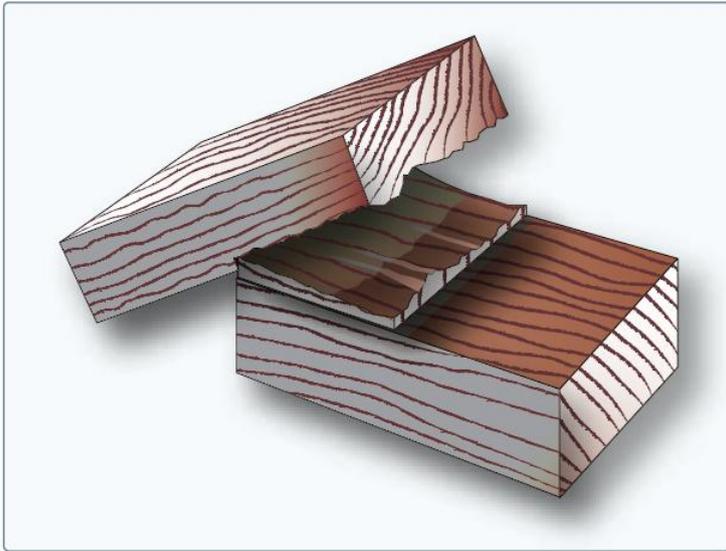
Os pedaços deverão ser juntos com um membro ultrapassando o outro 3/8 pol.

A amostra colada deverá ser colocada entre as garras de uma morsa, e a junta será quebrada através da pressão da morsa sobre as extremidades.

As faces coladas depois de fraturadas deverão conter pelo menos 75% das fibras de madeira uniformemente distribuídas sobre as superfícies fraturadas. Um teste típico é mostrado na figura 5-110.

Quando é preciso fazer um reparo em uma aeronave antiga, onde foi utilizada cola de caseína, todos os vestígios desta cola terão que ser removidos da junta, uma vez que esse material é alcalino e possível de afetar a composição de um adesivo de resina sintética.

Manchas locais na madeira causadas pela cola de caseína podem ser desconsideradas.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-110 Quebra típica de um pedaço de madeira para teste.

6.10 EMENDA DE JUNTAS

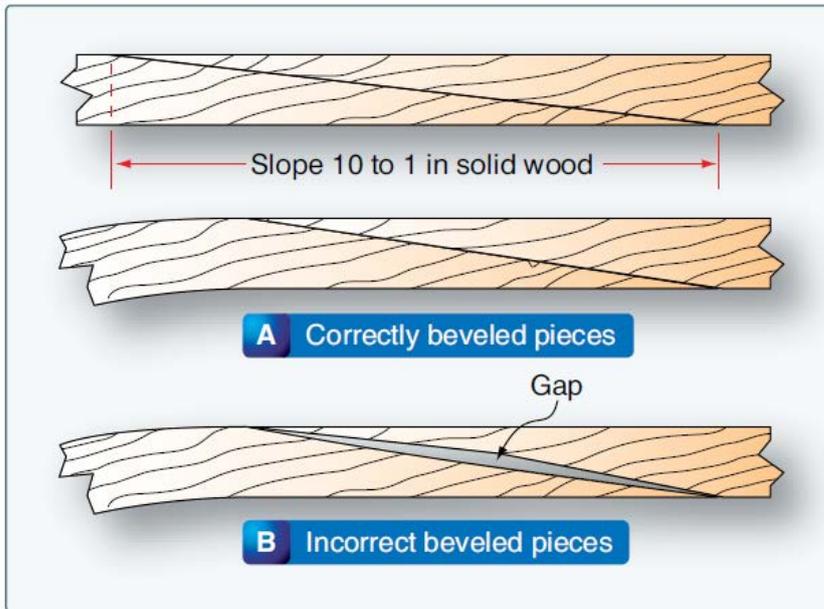
A junta chanfrada é geralmente utilizada na montagem de membros estruturais da aeronave.

Como ilustrado na figura 5-111, os dois pedaços a serem unidos são cortados em ângulo e colados.

A inclinação do corte não deve ser menos que 10:1 para madeira sólida e 12:1 para compensado.

O corte é feito de chanfro na direção geral das fibras como mostrado na figura 5-111.

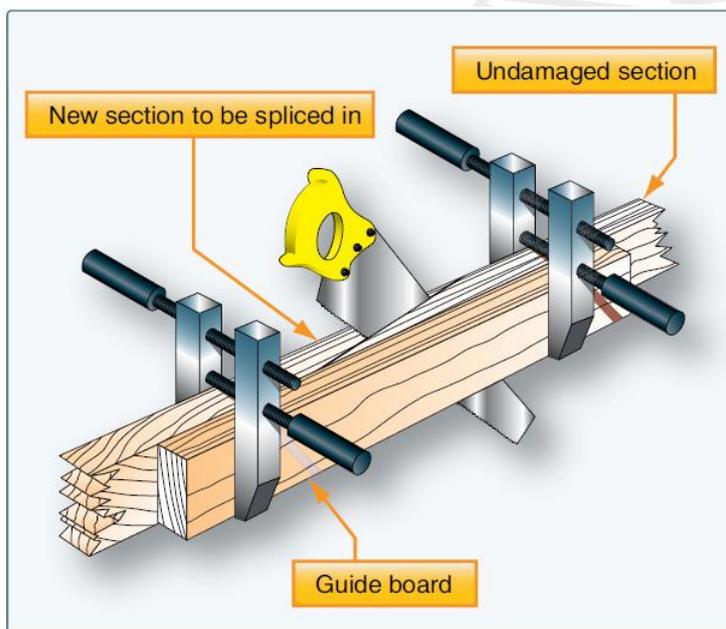
A maior dificuldade encontrada ao se fazer esse tipo de junta está em se obter a mesma inclinação em cada peça. A resistência da junta dependerá da precisão das duas superfícies chanfradas, porque uma inclinação incorreta reduz a área efetiva de colagem (ver figura 5-111).



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-111 Juntas chanfradas.

Um método para se obter uma junta precisa está ilustrado na figura 5-112. Após o corte dos dois chanfrados, as peças são presas por meio de grampos a uma tábua 2x4 ou material semelhante. Um serrote de dentes finos é passado por toda a junta. Dá-se uma pancadinha em uma das extremidades para unir novamente a junta e passa-se novamente o serrote. Isso é feito até que a junta fique perfeita, então passa-se uma plaina suavemente para melhorar a superfície da junta.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

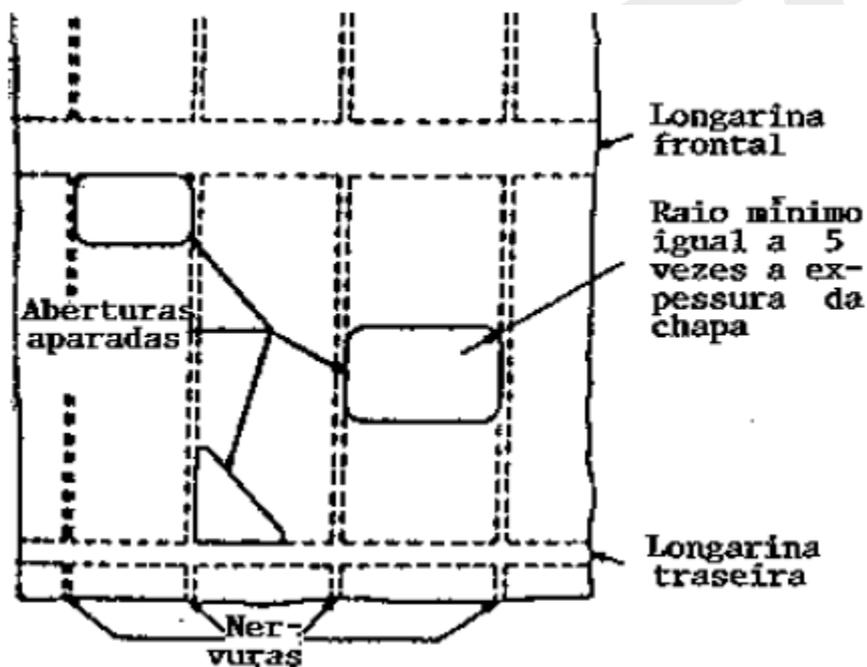
Figura 5-112 Produção de uma junta.

Recomenda-se que não transcorram mais de 8 horas entre o alisamento final das superfícies e a colagem. As superfícies para colagem devem ser bem lisas, aplainadas. Não são permitidas marcas de plaina, fiapos da fibra ou outras irregularidades na superfície. Nunca se usa lixa para suavizar a superfície de madeiras macias a serem coladas. As superfícies serradas devem ser semelhantes as superfícies bem aplainadas, tanto em uniformidade e suavidade, como não deve apresentar fiapos de fibras.

Apesar do uso da lixa não ser recomendado para madeiras macias, ela pode ser uma aliada valiosa no melhoramento das características de colagem de algumas superfícies de compensado duro, madeira comprimida através de alta pressão e temperatura, madeira impregnada em resina (impreg e compreg) ou laminado de papel plástico (papreg).

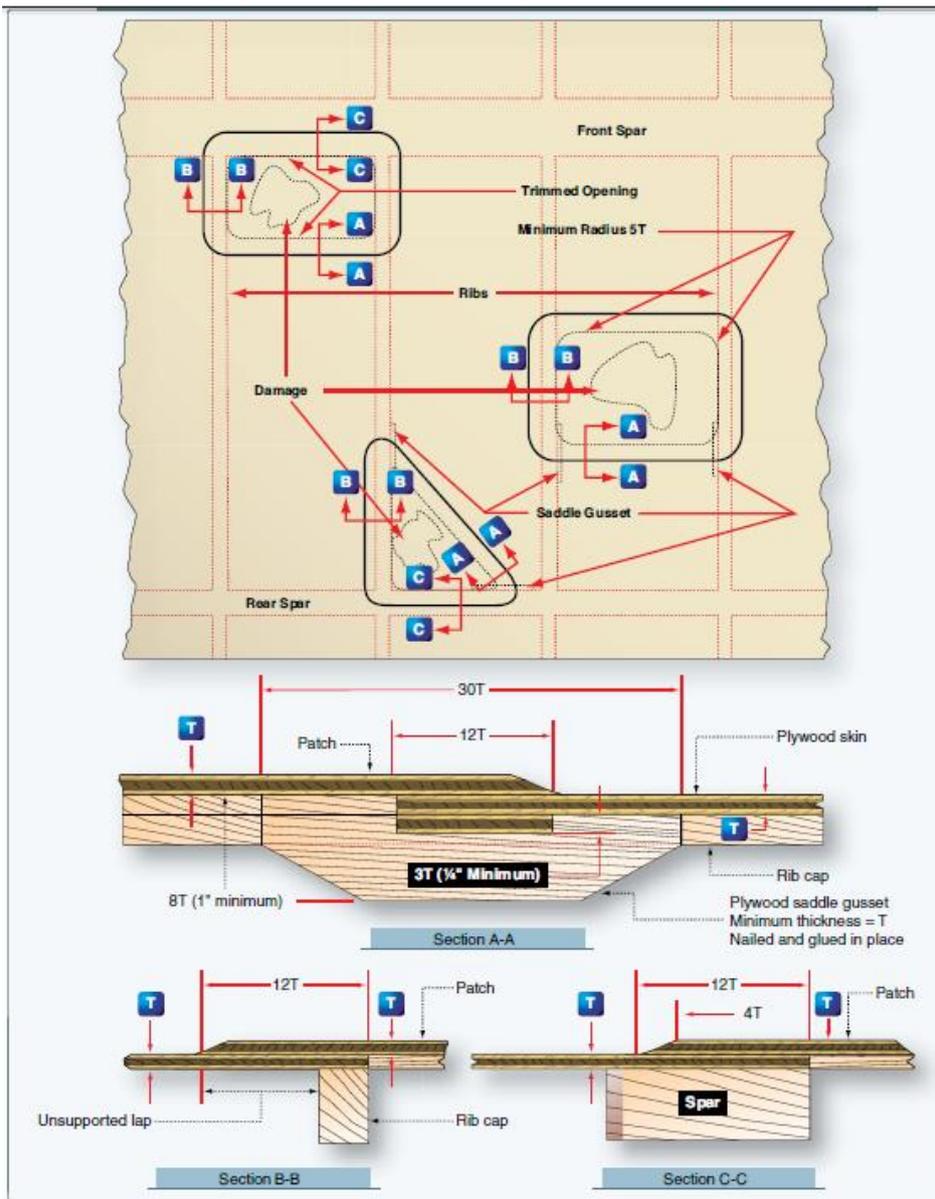
6.11 REPAROS EM REVESTIMENTOS DE COMPENSADO

A maioria dos reparos em revestimentos podem ser feitos usando ou o remendo de superfície, ou cobertura, o remendo chanfrado, o remendo de encaixe ou o remendo de escarva. Provavelmente o mais fácil é o remendo de superfície. Remendos de superfícies não devem ser usados em revestimentos com mais de 1/8 pol de espessura. Para reparar um furo através deste método, apara-se a superfície danificada em forma de retângulo ou triângulo, dependendo da localização do furo em relação à estrutura do avião. (Figura 5-113).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-113 Formas típicas para remoção de danos.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-114 Reparos de superfície.

Onde a estrutura formar um canto quadrado e o furo não se estender até o próximo membro paralelo, deve-se fazer um corte triangular. As arestas do corte devem ser arredondadas com um raio de pelo menos 5 vezes a espessura do revestimento.

Dobradores, feitos de compensado **pelo menos** da espessura do revestimento, são reforços sob as bordas do furo pelo lado interno do revestimento. Os dobradores são pregados e colados no lugar.

Eles se estendem desde um membro até outro e são reforçados nas bordas por cantoneiras em forma de sela, presas aos membros estruturais.

Um remendo pelo menos 12 vezes a espessura do revestimento, além das bordas do furo, é cortado de material do mesmo tipo e espessura do painel original. As bordas do remendo são chanfradas, como mostrado na figura 5-114.

Geralmente é impossível usar grampos durante a colagem de um reparo externo, por isso a pressão deve ser aplicada por outro meio. Geralmente ela é feita aplicando-se peças pesadas sobre o reparo até que esteja seco. Dois ou três preguinhos ajudarão a evitar que o remendo deslize durante a colagem.

Depois que o reparo de superfície secar, ele deve ser coberto com tela. A tela deverá ultrapassar as bordas do remendo pelo menos 2 polegadas.

Reparos de superfície localizada totalmente atrás da linha de 10% da corda, ou que ficam curvados no bordo de ataque e terminam atrás da linha de 10% da corda são permitidos.

O bordo de ataque de um reparo de superfície deve ser chanfrado com um ângulo de pelo menos 4 vezes a espessura do revestimento.

Reparos de superfície podem ter um perímetro tão grande quanto 50 polegadas, e podem se estender de uma nervura a outra.

A direção da fibra do reparo deve ser a mesma da fibra do revestimento original. Não se deve fazer este tipo de reparo em chapas com mais de 1/8 pol de espessura.

Remendos Embutidos

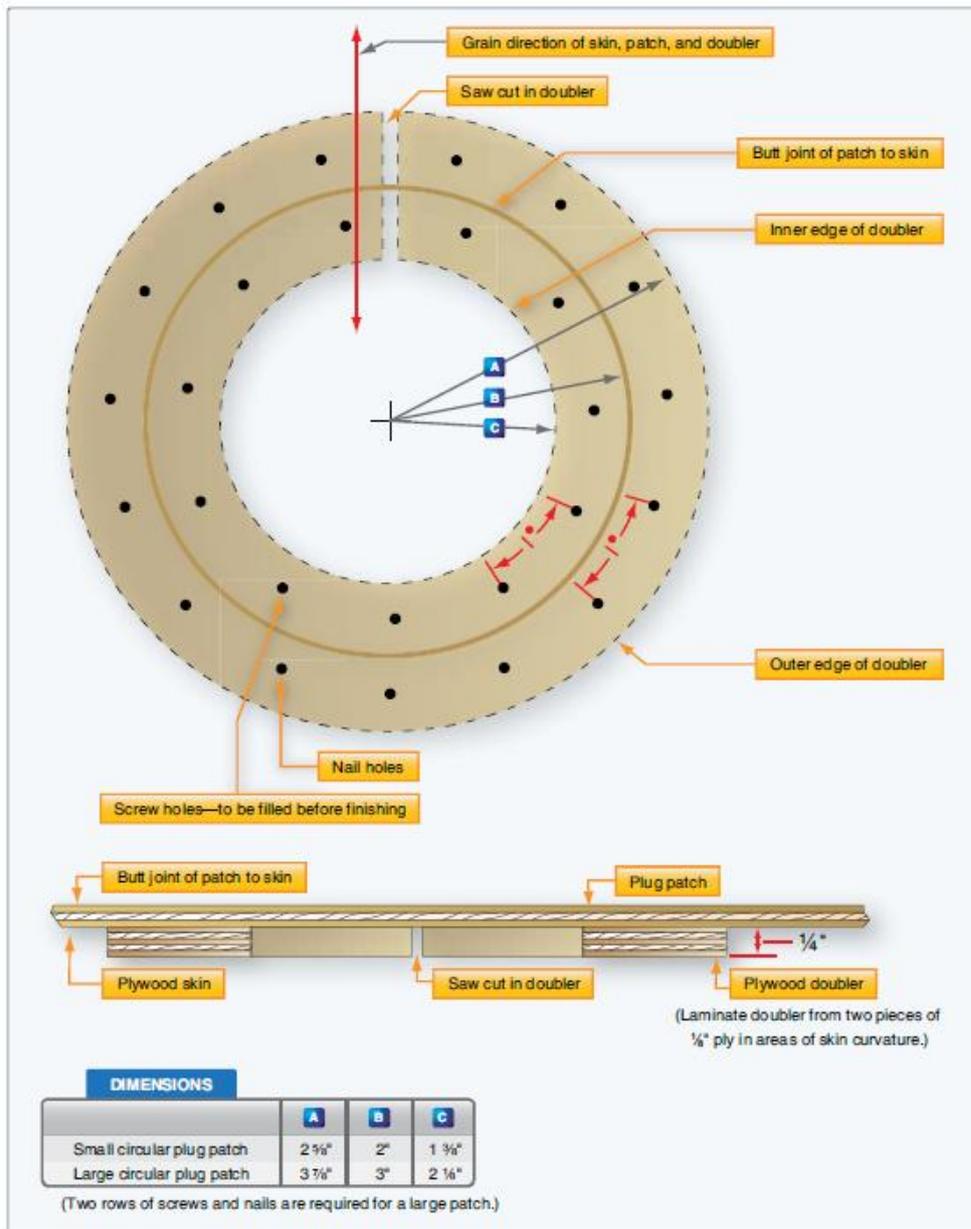
Em lugares onde não se deva aplicar um remendo externo, tais como a cambra de uma asa ou o revestimento externo da fuselagem, pode-se usar o reparo embutido.

Remendos de Encaixe

Em revestimentos de compensado pode-se usar dois tipos de reparos de encaixe: oval e redondo. Uma vez que este é estritamente um reparo de revestimento, ele deve ser aplicado apenas a danos que não envolvam a estrutura de suporte sob o revestimento. As bordas do reparo são cortadas em ângulo reto. O revestimento é cortado em formato redondo ou oval com as bordas quadradas. O reparo é cortado no tamanho exato da abertura e, quando instalado, forma uma junta com a borda do furo. Um reparo de encaixe redondo, mostrado na figura 5-115, pode ser usado onde a abertura não for maior que 6 pol de

diâmetro. Reparos circulares grandes e pequenos foram desenhados para furos de 6 e 4 pol de diâmetro. Os passos para o preparo de um reparo de encaixe circular são:

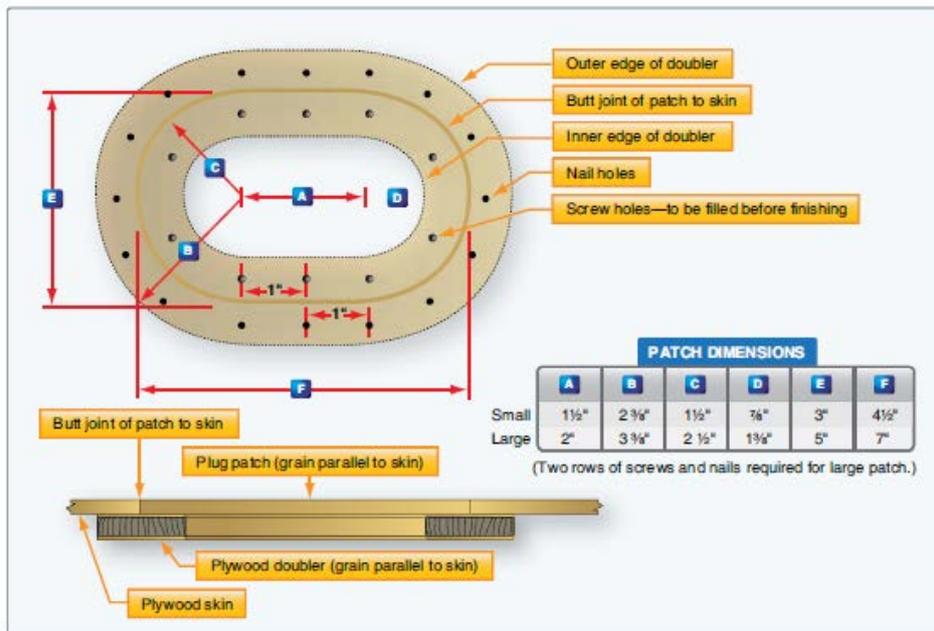
- (1) Cortar o remendo no tamanho do furo. Ele deverá ser do mesmo material e ter a mesma espessura que o revestimento. Não é necessário orientar as fibras do reparo de acordo com as do revestimento, uma vez que o reparo poderá ser girado no local para este fim;
- (2) Colocar o remendo sobre o local a ser consertado e desenhar um círculo do mesmo tamanho;
- (3) Cortar o revestimento de forma que o remendo se encaixe bem justo no furo;
- (4) Cortar um dobrador (reforço) de compensado de 1/4 pol, de forma que seu raio externo seja 5/8 pol maior que o furo a ser tamponado, e o raio interno seja 5/8 pol menor. Para um reparo grande, essas dimensões serão de 7/8 pol cada. Este dobrador deve ser de um compensado macio;
- (5) Cortar um dos lados do dobrador de forma que ele possa ser inserido através do furo para a parte interior do revestimento. Aplicar uma camada de cola à superfície do dobrador que vai ficar aderida à face interna do revestimento;
- (6) Instalar o dobrador de forma que ele e o furo fiquem exatamente concêntricos. Fixá-lo no lugar através de grampos. Usar papel encerado entre os grampos e o revestimento;
- (7) Assim que a cola secar, aplicá-la na superfície onde o reparo será assentado. Inserir o reparo no furo;
- (8) Aplicar pressão no remendo por meio de uma chapa e parafusos nº 4 para madeira, a intervalos aproximados de 1 pol. Um papel encerado entre a chapa e o reparo evita que o excesso de cola fixe um ao outro;



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-115 Remendo de encaixe redondo.

(9) Quando a cola estiver seca, remover os pregos e parafusos. Preencher os furos, lixar e dar o acabamento para ficar como o original. Os passos para a realização de um reparo de encaixe oval, figura 5-116, são idênticos. As dimensões máximas devem ser de 7 pol de comprimento por 5 pol de largura. Os reparos ovais devem ser feitos com as fibras cuidadosamente orientadas na mesma direção do revestimento original.



Fonte: FAA - Mechanic Training Handbook-Airframe

Figura 5-116 Reparo oval.

6.12 REPARO INCLINADO

É um reparo feito em compensado para ficar nivelado com a superfície. O termo "inclinado" denota que as bordas vão afilando gradualmente, porém essa inclinação é mais brusca que a do reparo chanfrado. A inclinação das bordas é em ângulo 5 vezes maior que a espessura do revestimento. Esse tipo de reparo deve ser usado onde o maior furo a ser reparado não seja maior que 15 vezes a espessura do revestimento e a espessura do revestimento não é maior que 1/10 pol.

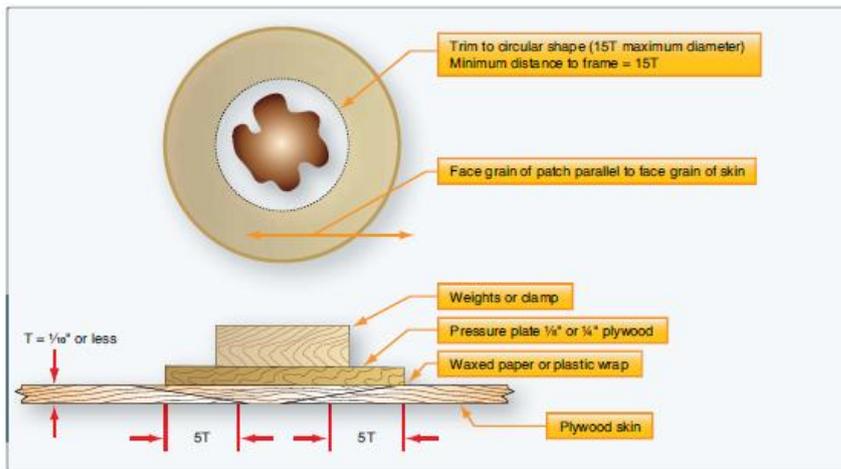
Desenha-se o reparo como na figura 5-117. Prenda-se um pedaço de compensado no furo para marcar o centro.

Dois círculos concêntricos são desenhados ao redor da área danificada. A diferença entre os raios dos círculos é 5 vezes a espessura do revestimento. O círculo interno marca o limite do furo e o externo marca o limite da diminuição de espessura.

Corta-se o círculo interno, e as bordas vão se desbastando até a marca externa, com um cinzel, uma faca ou raspador.

Prepara-se um reparo circular, cortado e desbastado para encaixar no buraco. Esse reparo deverá ser do mesmo tipo e espessura de compensado que o original.

Aplica-se cola às superfícies desbastadas e assenta-se o reparo no lugar com as fibras no mesmo sentido das do revestimento.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

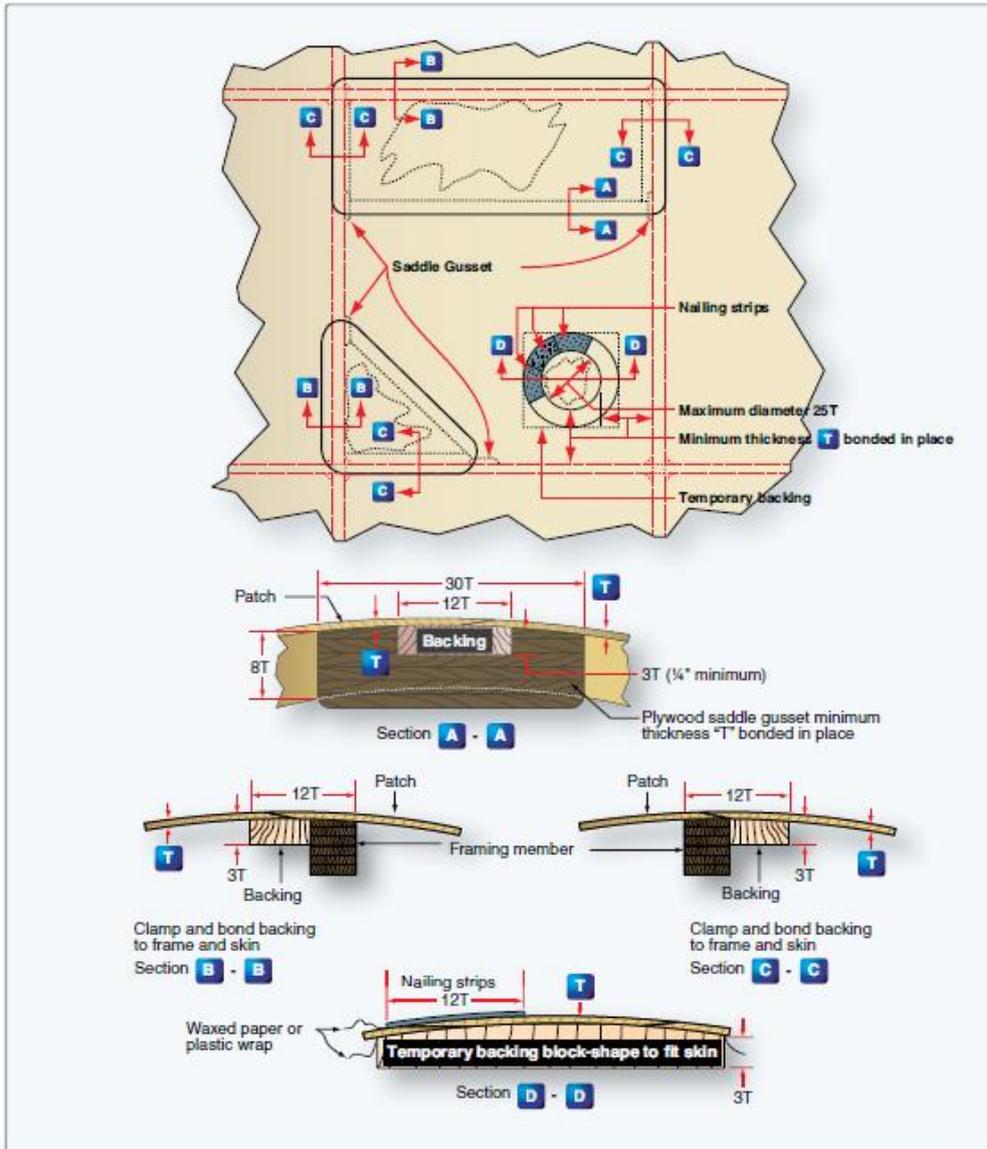
Figura 5-117 Reparo inclinado.

Depois de assentar o reparo, coloca-se uma chapa do tamanho exato do reparo, centralizando-a sobre ele com papel encerado entre os dois, e pressiona-se firmemente contra o reparo com um peso (um saco de areia) ou grampo. Uma vez que não haja nenhum reforço atrás do reparo, devemos ter o cuidado para não fazer pressão demais. Depois da cola secar, o acabamento é preenchido e lixado para que o reparo fique como a superfície original.

6.13 REPARO CHANFRADO

Um reparo chanfrado bem preparado e encaixado é o melhor reparo para um compensado danificado, e é o preferido para a maioria dos reparos de revestimento. Ele difere do reparo inclinado pois suas bordas são inclinadas na proporção de 12:1 ao invés de 5:1 como no inclinado. Ele também utiliza um reforço sob o reparo onde ocorre a junta de cola. A maioria da superfície externa da aeronave de compensado é curva.

Caso a parte danificada tenha um raio de curvatura maior que 100 vezes a espessura do revestimento, um reparo chanfrado pode ser feito.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-118 Reparos chanfrados, face interna acessível.

Os blocos de apoio e outros reforços deverão ter um formato que se encaixe na curvatura. As figuras 5-118 e 5-119 ilustram métodos de se realizar este tipo de reparo.

O corte chanfrado em compensado é feito por meio de plaina manual, raspadeira, ou lixa fina. Superfícies raspadas, exceto nas bordas de reparos chanfrados e superfícies serradas, devem ser evitadas, uma vez que elas tendem a ser ásperas ou imprecisas.

Quando a face interna de uma chapa de compensado danificada é acessível (ex.: revestimento da fuselagem), ela deve ser reparada com reparos chanfrados seguindo as orientações da figura 5-118. Sempre que possível as bordas do reparo devem estar apoiadas como em C-C. Quando o dano segue ou se estende até um membro estrutural, o chanfro deve ser apoiado como mostrado na seção B-B.

Danos que não excedam 25 vezes a espessura do revestimento em diâmetro após serem desbastados em um formato circular, podem ser reparados (como mostrado na figura 5-118, seção D-D), desde que a distância entre o furo e o membro estrutural não seja menos que 15 vezes a espessura do revestimento.

O bloco de apoio é cuidadosamente feito em madeira sólida e encaixado na superfície interna do revestimento, e vai ser momentaneamente mantido no lugar através de pregos. Um furo com o tamanho exato do círculo interno do reparo chanfrado é feito no bloco de apoio e é centralizado sobre a área danificada. O bloco será removido depois da cola no reparo secar, deixando uma superfície perfeitamente lisa no local do reparo.

Quando o interior de um revestimento de compensado não for acessível, o reparo deverá ser feito como na figura 5-119. Após removida a seção danificada, instala-se apoios em todas as bordas que não sejam apoiadas por nervuras ou longarinas. Para evitar o empenamento do revestimento, os apoios devem ser confeccionados em compensado macio, tais como álamo amarelo ou espruce, ao invés de madeira sólida.

Todas as junções entre os apoios e as nervuras ou longarinas devem possuir no fim dos apoios uma cantoneira de compensado.

Caso necessário, a nova cantoneira é pregada e colada à nervura. Pode ser necessário substituir a cantoneira velha por uma nova, ou pregar a cantoneira nova sobre a original. As tiras de fixação são presas para manter os apoios no lugar enquanto a cola seca. Usa-se uma barra de apoio nos lugares onde se precisa usar pregos. Ao contrário dos reparos menores, feitos em um processo contínuo, o trabalho na aeronave deverá esperar enquanto a cola dos apoios não seca. Depois da cola secar, preencha-se o acabamento para ficar como o original.

6.14 REMENDO DE TELA

Pequenos furos que não excedam 1 pol de diâmetro, depois de aparados para um contorno arredondado, podem ser reparados dopando-se um remendo de tela e aplicando-o pelo lado externo do revestimento de compensado. As bordas do furo deverão antes ser seladas, e o remendo deverá exceder o tamanho do furo em pelo menos 1 polegada. Os furos a menos de 1 pol de qualquer membro estrutural, no bordo de ataque da asa ou na área frontal da fuselagem, não devem ser reparados com remendos de tela.

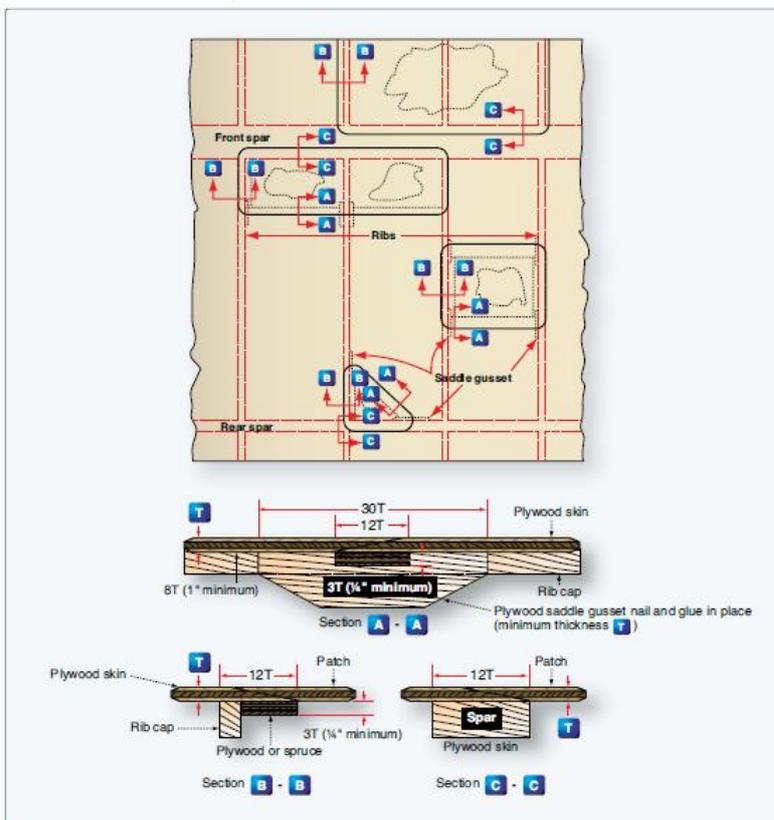
6.15 REPARO DE LONGARINAS E NERVURAS

Os membros de uma longarina ou nervura podem ser reparados aplicando-se um remendo externo ou embutido, desde que a área danificada seja pequena. Chapas de espruce ou compensado de espessura, suficiente para proporcionar um reforço longitudinal contra cisalhamento, podem ser coladas a ambos os lados da longarina. Usa-se chapas que se estendam bem além da rachadura, como mostrado na figura 5-120. Caso tenham ocorrido danos mais extensos, o membro deverá ser retirado até o membro estrutural e, preparado com um reparo chanfrado. Não deve haver mais de dois reparos em uma única longarina.

Uma longarina pode ser reparada em qualquer ponto, exceto sob os encaixes de fixação das asas, encaixes de trem de pouso, encaixe de berço do motor ou de estrutura interplanos e de sustentação.

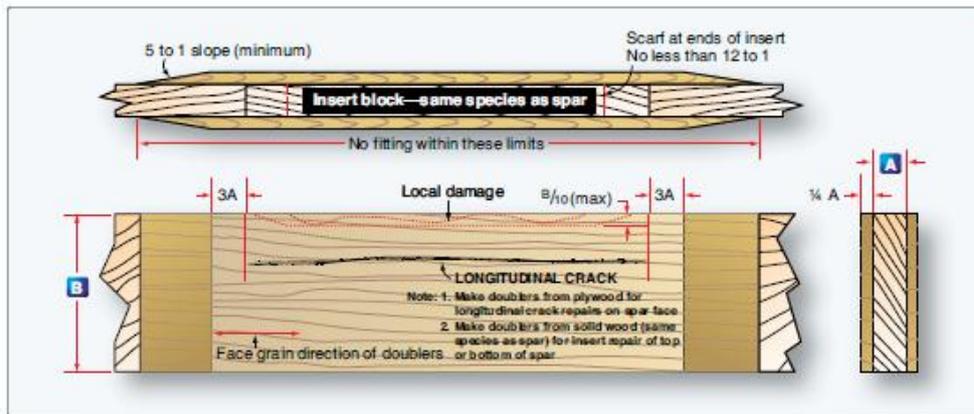
Não é permitido que esses encaixes se sobreponham a qualquer parte do reparo. Reparos sob encaixes menores, tais como estais de arrasto, estais de anti-arrasto ou estruturas de compressão são aceitáveis desde que sob as seguintes condições:

(1) As chapas de reforço do reparo não devem interferir com a fixação adequada ou o alinhamento dos encaixes.

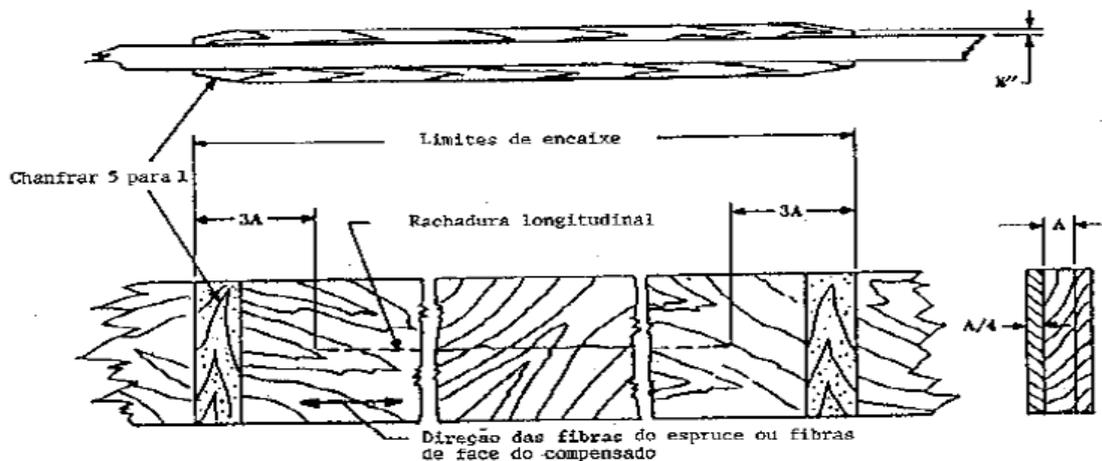


Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-119 reparos chanfrados, face interna sem acesso.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-120 Reforço numa rachadura longitudinal.

A localização das braçadeiras de suporte de superfícies de controle não deverá ser alterada;

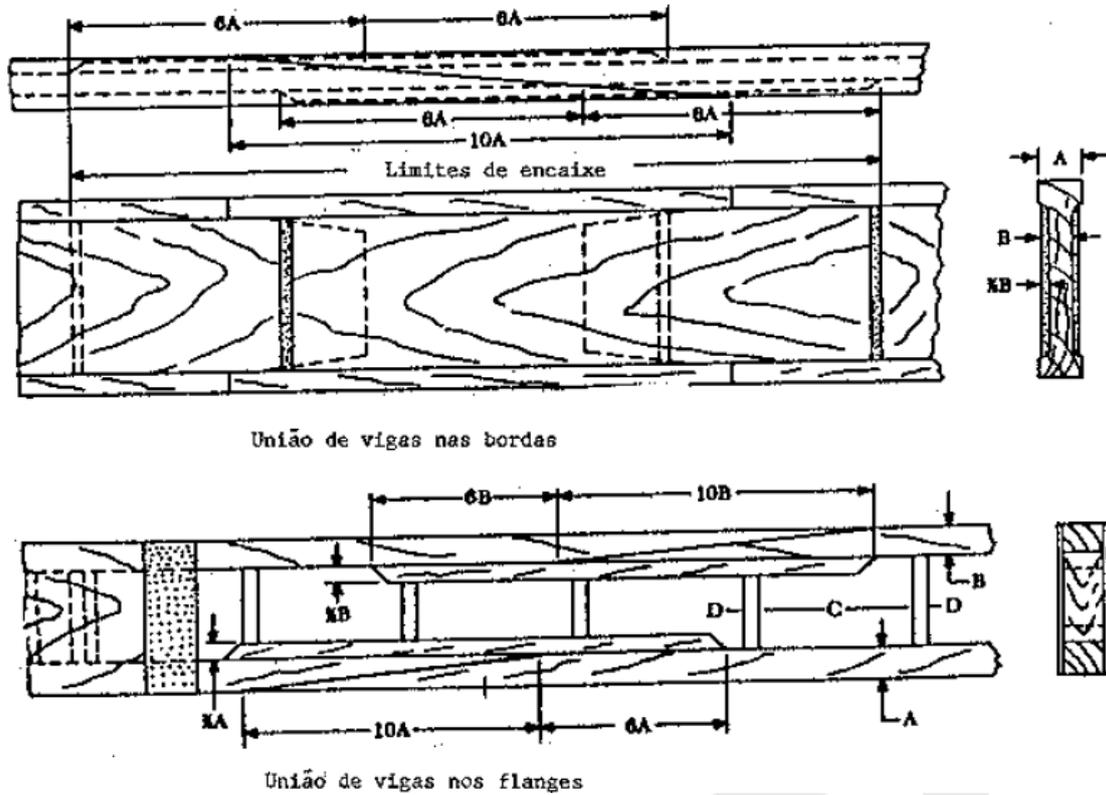
(2) As chapas de reforço podem se sobrepôr às fixações de estais de anti-arrasto, estais de arrasto ou membros de compressão, se estiverem na face frontal da longarina dianteira ou na face traseira da longarina traseira. Em tais casos será necessário instalar parafusos ligeiramente mais longos.

A chapa de reforço interna não pode se sobrepôr a encaixes de estruturas de arrasto, a menos que tal sobreposição não requeira o encurtamento de membros de compressão ou mudanças na geometria de vigas de arrasto, para evitar ajustes na regulagem correta.

Ainda que o erguimento seja suficiente, poderá ser necessário mudar os ângulos dos encaixes. Afasta-se os reparos para que eles não se sobreponham. As chapas de reforço devem ser usadas como indicado para todos os reparos chanfrados em longarinas. A inclinação ideal do chanfrado é de 12:1, porém, mais de 10:1 já é aceitável.

As chapas são mantidas no lugar por cola e pregos.

A figura 5-121 ilustra o método geral de reparo de tipos comuns de longarinas de madeira.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-121 União de vigas.

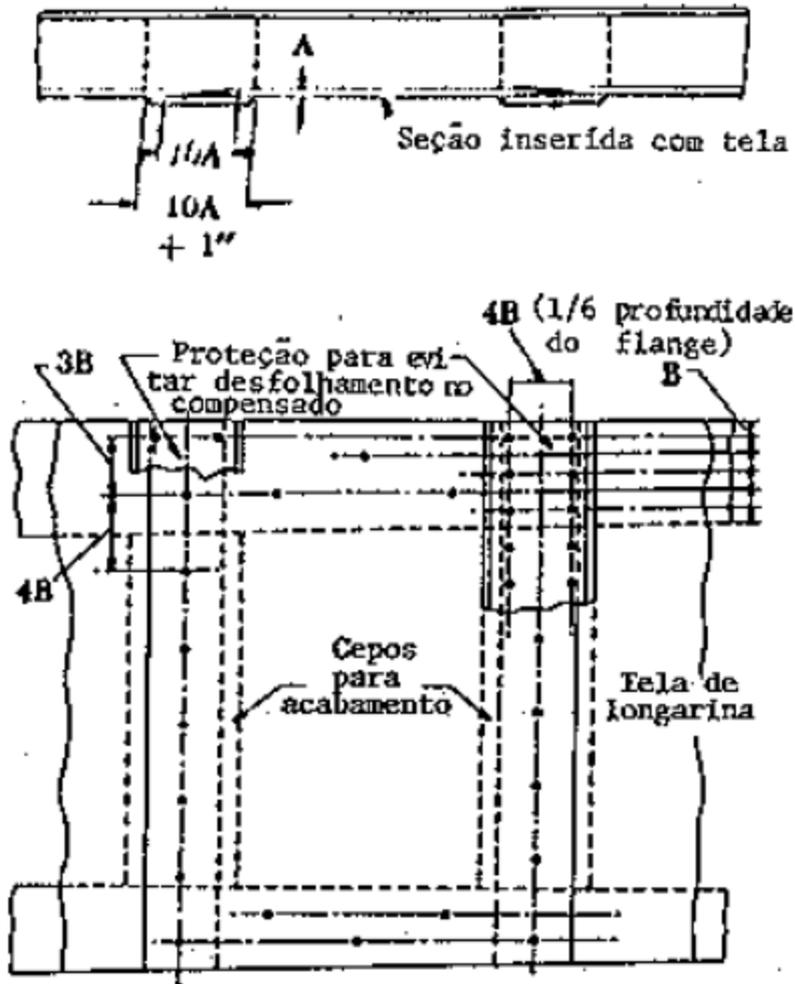
Devemos sempre reparar e reforçar os membros de compensado com o mesmo tipo original. Não se usa madeira sólida para substituir membros de compensado.

O compensado possui maior resistência a cisalhamento que a madeira sólida de mesma espessura devido à variação das fibras das camadas.

As fibras superiores dos membros substituídos de compensado devem ter a mesma direção do membro original, para assegurar que o novo membro terá a mesma resistência. Ver a figura 5-122.

6.16 FUROS PARA PARAFUSOS E BUCHAS

Todos os parafusos e buchas usados em estruturas de aeronaves devem se encaixar em seus orifícios de forma justa. As folgas permitem que o parafuso ou encaixe trabalhem para a frente e para trás, alargando o furo.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-122 Método de união da longarina de asa.

No caso de furos alongados por parafusos em uma longarina, ou de rachaduras nas vizinhanças de furos de parafusos, reparamos com uma nova seção de longarina e a substituímos completamente.

Os furos feitos para parafusos deverão ser, de tal diâmetro, que o parafuso possa ser inserido com suaves batidas de um macete. Caso o furo esteja tão apertado que seja necessário bater com força no parafuso para que ele entre, isto causará uma deformação na madeira, que poderá causar o rachamento ou distribuição desigual de carga.

Furos ásperos são geralmente feitos por brocas cegas ou por furos feitos muito rapidamente. Brocas bem afiadas produzem furos perfeitos, tanto em madeira sólida ou compensado. A broca deve ser afiada em ângulo aproximadamente de 60°. Todos os furos feitos para fixar suportes deverão ter o mesmo diâmetro dos furos do suporte.

As buchas feitas de plástico ou de metal leve proporcionam uma superfície de atrito adicional sem grande incremento de peso. Às vezes, buchas de aço leve são usadas para prevenir o esmagamento da madeira quando os parafusos são apertados. Os furos para buchas devem ser de tal tamanho que as buchas possam ser inseridas com leves pancadas de um macete.

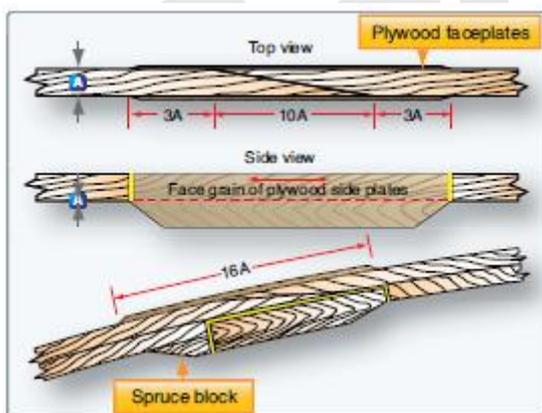
6.17 REPAROS DE NERVURAS

Uma chapa de cobertura de nervura de madeira pode ser reparada usando reparos chanfrados. O reparo é reforçado no lado oposto à cobertura da asa por um bloco de espruce, que se estende além da junta chanfrada não menos que 3 vezes a espessura das chapas sendo reparadas.

Todo o reparo, incluindo o bloco de reforço, é reforçado de cada lado por uma chapa lateral de compensado, como mostrado na figura 5-123.

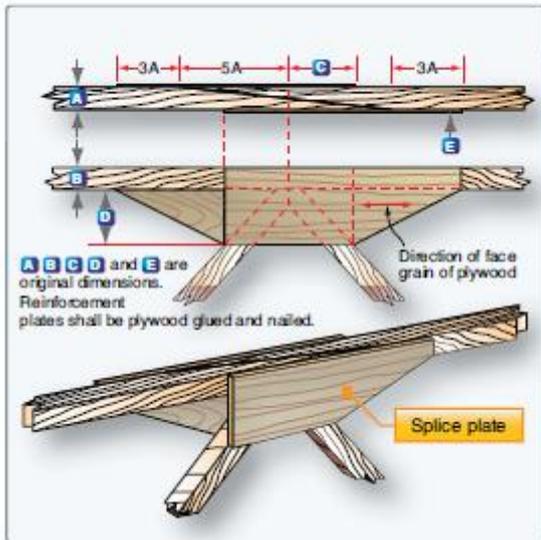
Quando a chapa de cobertura tiver que ser reparada em um ponto onde há uma junta entre diversas nervuras, o reparo é feito reforçando-se a junta chanfrada com uma placa de reforço de compensado, como na figura 5-124.

Quando for necessário reparar uma chapa de cobertura em uma longarina, a junta deverá ser reforçada por uma chapa de reforço contínua estendendo-se sobre a longarina, como mostrado na figura 5-125.



Fonte: FAA - Mechanic Training Handbook-Airframe

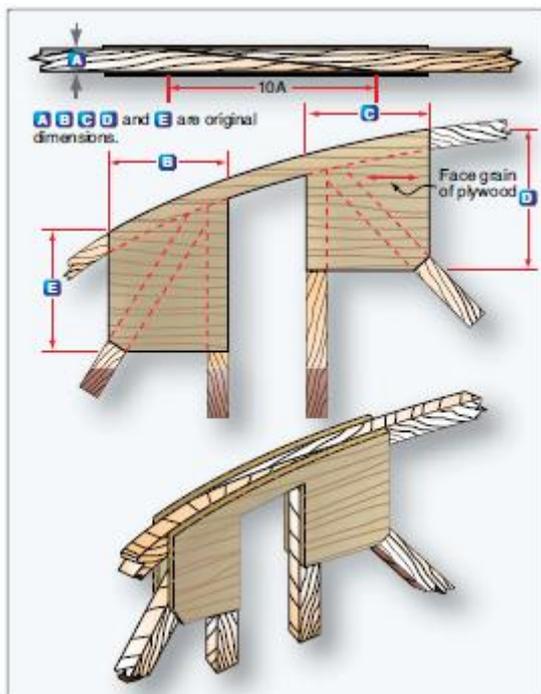
Figura 5-123 Reparos de entrelaçamento nas bordas das nervuras.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

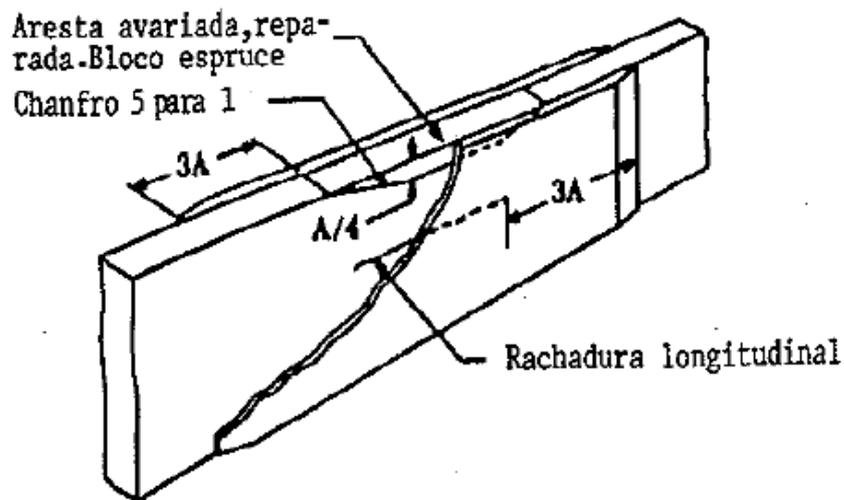
Figura 5-124 Reparos na junção da nervura.

Danos em bordas, rachaduras, ou outros, localizados em uma longarina, podem ser reparados removendo-se a porção danificada e colando-se um bloco propriamente encaixado, como mostrado na figura 5-126, reforçando a junta por meio de blocos de compensado ou espruce colados no local.



Fonte: FAA - *Mechanic Training Handbook-Airframe*

Figura 5-125 Reparos na nervura até a longarina.



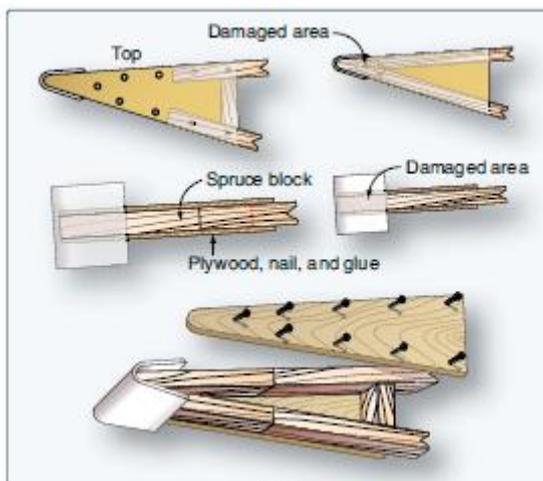
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-126 Reparo das rachaduras e arestas avariadas numa longarina sólida.

O bordo de fuga de uma nervura pode ser substituído e reparado removendo-se a parte danificada da chapa de cobertura e inserindo-se um bloco de madeira macia ou pinheiro branco, spruce ou tília americana.

Todo o reparo é então reforçado com chapas de reforço de compensado, pregado e colado como mostra a figura 5-127.

Os membros de compressão são de diferentes tipos e o método adequado de reparo de qualquer parte deste tipo de nervura é especificado pelo fabricante.

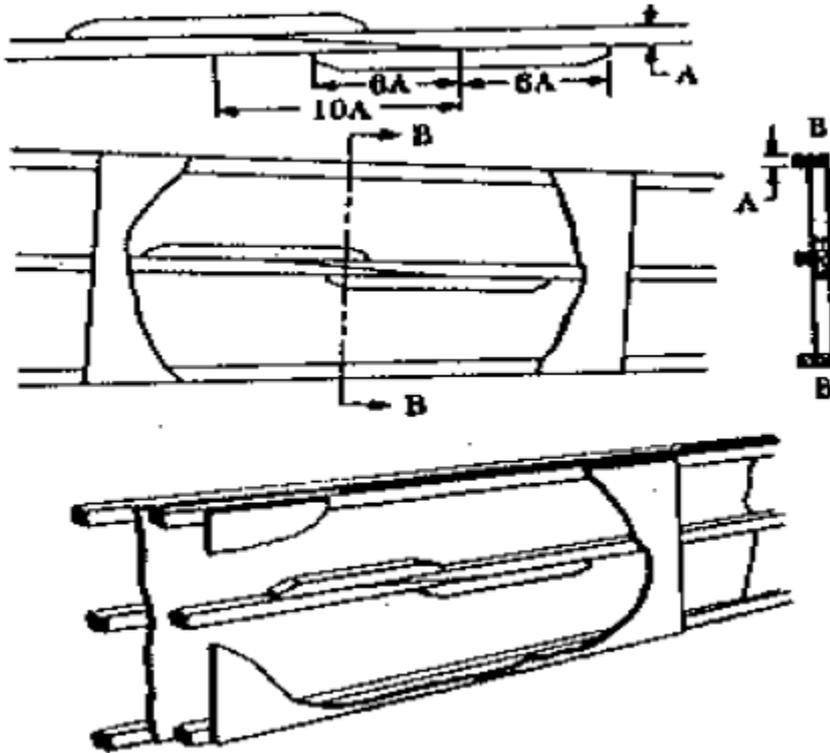


Fonte: FAA - Mechanic Training Handbook-Airframe

Figura 5-127 Reparo da nervura do bordo de fuga.

A figura 5-128 mostra um reparo típico, realizado em um membro de compressão feito de compensado e de três membros longitudinais. O membro central que foi reparado por uma junta chanfrada adequadamente reforçada e uma camada externa de compensado.

Tais membros como os blocos colados, blocos de enchimento, membros de compensado, montantes e nervuras diagonais não devem ser reparados e sim substituídos. Sempre que for possível, substituímos um membro danificado. É melhor fazê-lo que tentar repará-lo.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-128 Reparo da nervura de compressão.



Referência Bibliográfica

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

