

WOOD, ALUMINUM, STEEL AND COMPOSITES

MADEIRA, ALUMINIO, AÇO E MATERIAIS COMPOSTOS

As propriedades de cada um

Por [Chris Heintz](#)

[Este artigo é parte de uma série, onde o engenheiro aeronáutico Chris Heintz discute "aeronaves leves" concepção e construção].

As estruturas do Avião são basicamente unidirecionais. Isto significa que uma dimensão, o comprimento, é muito maior do que as outras - largura ou altura. Por exemplo, a envergadura das asas e longarinas da cauda são muito maiores do que a sua largura e profundidade; as costelas têm maior comprimento do que altura e / ou largura; toda envergadura da asa tem uma área maior do que a sua corda ou espessura; E a fuselagem é muito maior do que a sua largura ou altura. Mesmo uma hélice tem um diâmetro muito maior do que a largura e espessura, da sua lamina etc. Por esta simples razão, um designer deseja utilizar material unidirecional na concepção de uma estrutura eficiente, (força peso).

Materiais unidirecionais são basicamente compostos finos, e relativamente flexíveis, longas fibras que são muito fortes na tensão (como um fio, uma corda, um fio de aço trançado, cabo, etc.).

Uma estrutura de aeronave também está muito perto de uma estrutura simétrica. Isso significa que para cima e para baixo as cargas são quase iguais umas as outras. A cauda pode ser comandada para baixo ou para cima, dependendo do piloto cabrar ou picar o nariz do avião, puxando ou empurrando o manche, o leme pode se desviar para a direita, bem como à esquerda (cargas laterais sobre a fuselagem).

As rajadas de vento ao bater na asa podem ser positivas ou negativas, ou seja, para cima ou para baixo, que proporciona aos ocupantes experiências de ser empurrado para baixo no banco ou ficar pendurado no cinto.

Devido a esses fatores, o projetista estrutural tem de usar material que resista à tensão e compressão. Fibras unidirecionais podem ser excelentes em tensão, mas, devido à sua pequena seção transversal, têm muito pouca inércia e não resiste a compressão. Não é possível carregar uma corda, ou fio, com cargas de compressão.

A fim de tornar as finas fibras, fortes e resistentes à compressão, elas serão "coladas juntas", com uma espécie de "encaixe" formando tecidos e peças (fibra de vidro, de carbono, kevlar etc.). Desta forma, poderemos tirar partido da sua força e tensão já não são penalizadas pela sua fraqueza individuais à compressão porque, como um todo, elas se tornam resistentes à compressão e tração, ajudando uns aos outros para não deformar. A incorporação da resina forma normalmente um conjunto leve, suave segurando as fibras juntas e que lhes permitam suportar as necessárias cargas. Este é um bom material estrutural.

MADEIRA

Historicamente, a madeira tem sido usada como a primeira matéria-prima estrutural unidirecional. A natureza, em sua sabedoria, deu um lindo

material unidirecional por fazer certas árvores crescerem em certas condições: Têm de ter o tronco alto e reto e sua madeira tem de ser forte e leve. A secção transversal de um tronco de árvore mostra os "anéis anuais" (um anel por ano, de modo a podermos "contar" a idade da árvore). As bandas escuras (cerne da madeira) contêm muitas fibras, considerando que as bandas claras (madeira nova), contêm muito mais "resina". Assim, as madeiras com mais bandas escuras, é mais forte e mais pesada. Se as bandas escuras são muito estreitas e às bandas claras bastante amplas, a madeira é leve, mas não muito forte. Para obter a mais eficiente relação (força e peso) para a madeira precisamos de um tempo de crescimento determinado (número de bandas por polegada ver ANC No. 18 1951). Na verdade, o que nós queremos é um bom equilíbrio de "precoce" e "tardio" na madeira ou, em outras palavras, condições muito especiais, ou seja, a altitude geográfica onde a árvore cresce a latitude e condições climáticas variam em cada local, modificando a estrutura celular da madeira (resistência, comprimento das fibras, peso). Embora este seja um tema muito interessante não vamos mais longe a tais pormenores exceto para referir que a natureza, é que nos fornece um material muito eficiente de seu reino vegetal. Lembre-se que, contrariamente ao mundo estritamente mineral; irremediavelmente sujeito á gravidade, que puxa tudo para baixo, a planta tem uma força dentro de si, que a faz crescer contra a gravidade, para cima. Se pudéssemos usar essas forças na nossa vida, poderíamos fabricar elevador sem a ajuda de um motor. Á Aviação ainda tem muito que descobrir.

Outro assunto que não iremos tratar neste artigo é o ensaio da madeira. Existem alguns testes simples (umidade, dinâmica, resiliência), mas parece que ninguém sabe fase-los.

Em alguns dos nossos aviões as estruturas têm duas dimensões (comprimento e largura são grandes em relação à espessura). Contraplacado é freqüentemente utilizado para essas estruturas. Vários painéis finos (folhas) são colados juntos, para que as fibras das várias camadas atravessem em diferentes ângulos (geralmente 90 graus hoje, anos atrás você poderia obtê-los em 30 e 45 graus também). Contra placado forma excelente "teias resistente ao cisalhamento" se o designer souber como usar contra placado eficientemente. (Vamos aprender a base da análise de stress algures mais tarde).

Para encerrar este debate sobre madeira, deixe-nos claramente o fato de que o estágio atual de desenvolvimento da nossa civilização usa muita madeira, principalmente na fabricação do papel. O replantio de árvores é a solução, se eles forem feito corretamente. Madeira de qualidade para a construção de Aviões está muito difícil de encontrar. Hoje boas aeronaves com madeira são muito difíceis de construir. Em vez de utilizar uma boa viga para as nossas longarinas, temos que usar laminações porque grandes pedaços de madeira são praticamente inacessíveis, e nós já não podemos confiar na qualidade da madeira; temos que usar muitas laminações de modo que a "média" nos de uma probabilidade de resistência razoável. Para nos dar a força necessária sem muito peso (alta leveza). Por não dispormos de madeiras apropriadas do nosso ponto de vista temos necessidade de um substituto para o que a natureza tem fornecido para nós até agora.

LIGAS DE ALUMINIO

Pelo fato de que a madeira não esta tão disponível como era antes, olhamos para outro material, que é forte, leve e de fácil acesso, a um preço razoável (**Titânio** não entra em discussão é simplesmente demasiado caro).

Ligas de alumínio é certamente uma resposta. Iremos discutir as propriedades destas ligas, que são utilizados na construção de aviões leves em mais detalhes posteriormente. Por enquanto, vamos olhar o alumínio como material de construção.

Ligas de Alumínio Extrudados: Devido ao processo de fabricação do alumínio, chegamos a um material unidirecional forte no sentido longitudinal e transversal. E ainda melhor, não é forte só em tensão, mas também na compressão. Comparando extrusões de madeira, a tensão e compressão são praticamente as mesmas para ligas de alumínio, em que a análise se aplica ao stress linear. Madeira, por outro lado, tem uma resistência à tração de cerca de duas vezes maior que a sua resistência a compressão; conseqüentemente, especiais métodos de análise de stress devem ser utilizados e um bom conhecimento da madeira sob estresse é essencial, deve-se salientar que concentração de stress deve ser evitada!

Ligas de alumínio, em tiras finas (0.016 para 0.125 de polegada) proporcionam um excelente material bidimensional, amplamente utilizado como teias resistentes ao cisalhamento - com ou sem reforço - e também como braços de tensão / compressão, quando devidamente formados (dobrados).

Vale a pena lembrar que o alumínio é um metal artificial. Não há um minério de alumínio na natureza. Alumínio é produzido através da aplicação de energia elétrica a bauxita (óxido de alumínio), para obter o metal, que depois é misturado com vários aditivos dando força. (Em um artigo mais tarde, vamos ver quais aditivos são utilizados e por que e como podemos aumentar a força de alumínio pelo trabalho a frio ou endurecimento por tempera). Todas as ligas de alumínio usadas comumente estão disponíveis nas empresas concessionários. Quando da compra, você poderá obter um "relatório de teste da fábrica", que garante as propriedades físicas e químicas, esteja nas especificações. (normas MIL, QQA250 XYZ).

Lembre-se desta regra de ouro: O alumínio é três vezes mais pesado, mas também três vezes mais forte que a madeira: O Aço é novamente três vezes mais pesado e mais forte que o alumínio.

AÇO

O próximo material a ser considerado para estrutura de aeronaves será o aço, que tem a mesma relação peso / força da madeira ou alumínio.

O aço é utilizado nas estruturas de aeronaves (tubular) nos trens de pouso, berço de motor, abraçadeiras, suportes e nos pontos de concentração de força, as ligas mais usadas são principalmente o cromo-molibdênio "AISI 4130N" ou "AISI 4140". (AISI 1025 não está mais disponível).

As matérias-primas comuns estão disponíveis em tubos e chapas metálicas. O aço, devido a sua alta densidade, não é utilizado como revestimento como as folhas de alumínio ou "contra placado". Sempre que tivermos necessidade de usar uma folha de 2,5 mm de "contra placado", uma folha de alumínio 032 polegadas seria necessária, mas apenas uma folha de aço, 010 seria necessário, o que é simplesmente muito fino para conseguirmos um bom acabamento. Por esta razão uma fuselagem utiliza tubos de aço também como diagonais para suportar as forças de compressão e tensão e de toda a estrutura, é então, coberto com tecido (peso leve) para dar-lhe a necessária forma aerodinâmica ou aparência desejada. Note-se ainda que este método utiliza duas técnicas: trabalho em aço e cobertura de tecido.

A vantagem do 4130N na estrutura de aço é que ele pode ser facilmente soldado. Isto se aplica especialmente na América do Norte onde a solda não tem de ser "aprovada", como na Europa e na Austrália. Esta

diferença nos regulamentos, historicamente, tem a ver com o "espírito pioneiro" do americano explicam, as fuselagens de aço soldado são comuns aqui, não sendo exigida aprovação do FAA.

Vamos discutir estruturas de tubos de aço soldados em pormenor mais tarde e vamos agora para "madeira artificial" ou estruturas compostas.

MATERIAIS COMPOSTO

O designer de aeronave com materiais compostos (fibra de vidro fibra de carbono) simplesmente utiliza fibras na direção desejada exatamente onde e quanto ao montante requerido. As fibras são embebidas em resina para mantê-las no local e fornecer o apoio necessário contra distorção. Em vez de contra placado ou chapa única, que permite apenas curvatura, o designer de compósito usa tela onde as fibras são estabelecidas em dois sentidos. (O fio tecido e trama) também embutido em resina. Isto tem a vantagem da liberdade de forma em dupla curvatura como exigido pelas ótimas formas aerodinâmicas e de aparência muito atraente (importância da estética).

Contudo fibras (vidro, nylon, Kevlar, Carbono, whiskers ou simples fibras de cristal de diferentes composições químicas) são muito fortes, assim, a estrutura torna-se muito leve. A desvantagem é muito pouca rigidez. A estrutura necessita de endurecimento, que é conseguido através do habitual e discreto reforço, ou mais elegantemente com um sanduíche estrutural: duas camadas, de fibras paralelas ou cruzadas são impregnadas com resina com a forma de favo de "mel". Isso permite ao designer alcançar a necessária inércia ou rigidez.

Do ponto de vista da engenharia, este método é muito atraente e apoiado por muitas autoridades, pois ela permite novos desenvolvimentos que são exigidos em caso de guerra. (A UNIÃO EUROPÉIA sem titânio ou cromo precisa desenvolver alternativas práticas.) Mas este método também tem os seus inconvenientes para construção amadora: Um Molde é necessário, e um rigoroso controle de qualidade é uma necessidade, a correta quantidade de fibras e resina e de boa aderência entre ambos para evitar uma estrutura demasiada "seca" ou "úmida". Também a cura da resina é bastante sensível à temperatura, umidade e pressão. Finalmente, as resinas são substâncias ativas, que não só produzem alergias, mas também os produtos químicos que atacam nosso corpo (em especial os olhos e pulmões) e que tem a infelicidade de ter propriedade cumulativa e danosa, o resultado (em particular a deterioração dos Olhos) mostra-se apenas anos após o contacto inicial.

Outra desvantagem das resinas é limitada a sua vida útil limitada, ou seja, se a resina não é utilizada dentro do prazo de validade, caducam e se usado na fabricação, os resultados podem ser insatisfatório e inseguro.

Finalmente, a menos que os moldes seja muito bem concebido, fabricado e mantido, o exterior da estrutura necessita de um montante muitas vezes subestimado de trabalho e material (lixa massa) para proporcionar o acabamento desejado. Também uma série de cuidados deve ser tomada para não resultar numa estrutura mais fraca. Historicamente, compósitos tiveram seu auge há um par de anos. Hoje se sabe (e comprovado por todos aqueles construtores amadores) em suas Oficinas, que só especialistas conseguem construir uma estrutura perfeita e confiável e ainda os especialistas tem cuidado com a sua própria saúde.

SUMÁRIO

= A Natureza proporciona uma matéria-prima maravilhosamente adaptada às estruturas das aeronaves. Infelizmente estamos explorando muito a natureza, e hoje é difícil encontrar fornecedores de madeira e contra placado do tamanho e qualidade exigido.

= Ligas de alumínio extrudados e na forma de lamina é uma alternativa atraente, especialmente porque elas são fáceis de encontrar no mercado e suas propriedades são garantidas por normas técnicas.

= Tubulação de aço (4130) continua a ser muito popular na América do Norte, a solda parece não criar quaisquer problemas como temido em outras partes do mundo. A estrutura tubular é recoberto com tecido (kevlar, nylon, algodão).

= Compósitos podem ser encarados como "madeira artificial" a partir de uma perspectiva estrutural. Como todo artificial, pode ser melhor do que o produto natural, mas o fabricante tem de incorporar no processo de fabricação a sabedoria fornecida pela natureza e / ou a qualidade fornecida por outros fabricantes de matérias-primas (alumínio, aço cromo moly). Isto é, além de moldes caros, os perigos que representa para a nossa própria saúde (e a saúde da nossa família, quando feito em nossa casa).

Traduzido por: [ADEMIR AIZA](#)

Ademir Aiza é; Técnico em manutenção de Aeronaves credenciado pela ANAC em GMP, CEL e AVI e pelo CREA.