

Estruturas Aeroespaciais II – 10373

2021/2022

Trabalho de Estudo

Dimensionamento da caixa de torção de uma asa em compósito

1. OBJETIVO

Dimensionar a estrutura da caixa de torção fabricada em compósito de uma asa sujeita a restrições de resistência e de rigidez usando o método da idealização estrutural. Obter uma solução numérica (tensões e deslocamentos) da configuração obtida recorrendo a um programa comercial de análise estrutural pelo método dos elementos finitos. Comparar as duas soluções. Escrever um relatório.

2. DESCRIÇÃO

É necessário dimensionar a caixa de torção da asa de uma aeronave ligeira com uma massa máxima de descolagem de $m = 472,5$ kg e um fator de carga máximo de operação de $n = 4$.

A geometria aproximada e a definição dos parâmetros da caixa de torção da asa estão mostradas na Figura 1. A caixa de torção da asa tem uma largura c constante, uma altura h constante e uma envergadura b . O bordo de ataque tem secção elítica.

A estrutura da caixa de torção da asa é constituída por uma secção fechada de paredes finas bicelular. As cascas da caixa de torção têm uma espessura $t_c = n_c t$ e as almas das longarinas têm uma espessura $t_a = n_a t$. As áreas da secção das mesas das longarinas são $A_m = n_m b_m t$. Os parâmetros n_c , n_a e n_m , representam o número de camadas dos laminados da casca, almas e mesas, respetivamente, $t = 0,1$ mm é a espessura de cada camada e b_m é a largura das mesas. A raiz da asa encontra-se encastrada nas longarinas enquanto a sua ponta está livre. Podem ser usados três materiais diferentes no fabrico da caixa de torção, fibra de carbono/epóxi de elevada resistência (CFRP-HS), fibra de carbono/epóxi de elevada rigidez (CFRP-HM) e fibra de vidro/epóxi (GFRP), sendo todos os materiais ortotrópicos e estando as suas propriedades indicadas na Tabela 1.

O carregamento a aplicar na asa é uma carga distribuída uniforme w_y vertical correspondente à sustentação máxima da asa, uma carga distribuída uniforme w_x horizontal correspondente à resistência aerodinâmica e com valor 10 vezes inferior a w_y , e um momento torsor distribuído uniforme $w_z = 250c^2$. Este sistema de cargas distribuídas está aplicado na longarina dianteira da caixa de torção no seu eixo de simetria horizontal.

Pretende-se o seguinte:

- Usando o método da idealização estrutural, determinar os valores de t_c , t_a e A_m (e respetivo número de camadas) que minimizam a função $f = 0,6M/10 + 0,4C/1000$, onde M é a massa da asa e C é o preço do material da asa, tendo em conta os esforços aplicados na secção da raiz da asa, os dados das Tabelas 1 e 2, e garantindo que a deflexão máxima na ponta não excede $0,1b$ e que a torção máxima na ponta não excede 2° .
- Usando o método dos elementos finitos num programa comercial (ANSYS®), estimar as deflexões e o campo de tensões/critério de falha da estrutura obtida recorrendo a elementos sólidos lineares e a uma análise estática. Nesta análise deve usar-se o módulo de compósitos ACP para criar e analisar os laminados.
- Comparar e comentar os resultados obtidos de forma crítica.
- Escrever um relatório.

3. RELATÓRIO

Cada grupo de 3 alunos (cada grupo usando dados diferentes da Tabela 2) deve apresentar os resultados das suas análises num relatório escrito, **com um máximo de 12 páginas**. Nele deverá explicar-se com o detalhe adequado todos os passos associados à resolução do problema (características dos laminados obtidos na idealização estrutural, geometria, sistema de unidades adotado, condições de fronteira, carregamento, tipo de elementos, malha, etc.), bem como os resultados finais, onde deverá constar especificamente os valores de f , t_c , t_a e A_m (e respetivo número de camadas), a flecha máxima, a torção da ponta e a variação do campo de tensões/critério de falha no componente. Deve ser feita uma análise crítica dos resultados onde deverão ser propostas alterações da estrutura para melhorar a eficiência estrutural.

A data limite para entrega do trabalho é **7 de junho de 2022**. O relatório deve ser enviado via e-mail **em formato pdf**, para o endereço pgamboa@ubi.pt.

4. DADOS

Tabela 1 – Propriedades dos materiais.

Propriedade	parâmetro	unidade	CFRP-HS	CFRP-HM	GFRP
Massa volúmica	ρ	kg/m ³	1600	1600	1900
Módulo elástico longitudinal	E_1	GPa	140	180	40
Módulo elástico transversal	E_2	GPa	10	8	8
Módulo de corte	G_{12}	GPa	5	5	4
Coefficiente de Poisson maior	ν_{12}	-	0,30	0,30	0,25
Resistência longitudinal à tração	X_t	MPa	1500	1000	1000
Resistência longitudinal à compressão	X_c	MPa	1200	850	600
Resistência transversal à tração	Y_t	MPa	50	40	30
Resistência transversal à compressão	Y_c	MPa	250	200	110
Resistência ao corte	S	MPa	70	60	40
Preço	C_s	€/kg	90	95	45

Tabela 2 – Especificações da asa em função do número de grupo.

Grupo	b , m	c , m	h , m
$i = 1, 20$	$5 + 5 \times (i-1)/19$	$0,5 - 0,15 \times (i-1)/19$	$[0,24 + 0,12 \times (i-1)/19] \times c$

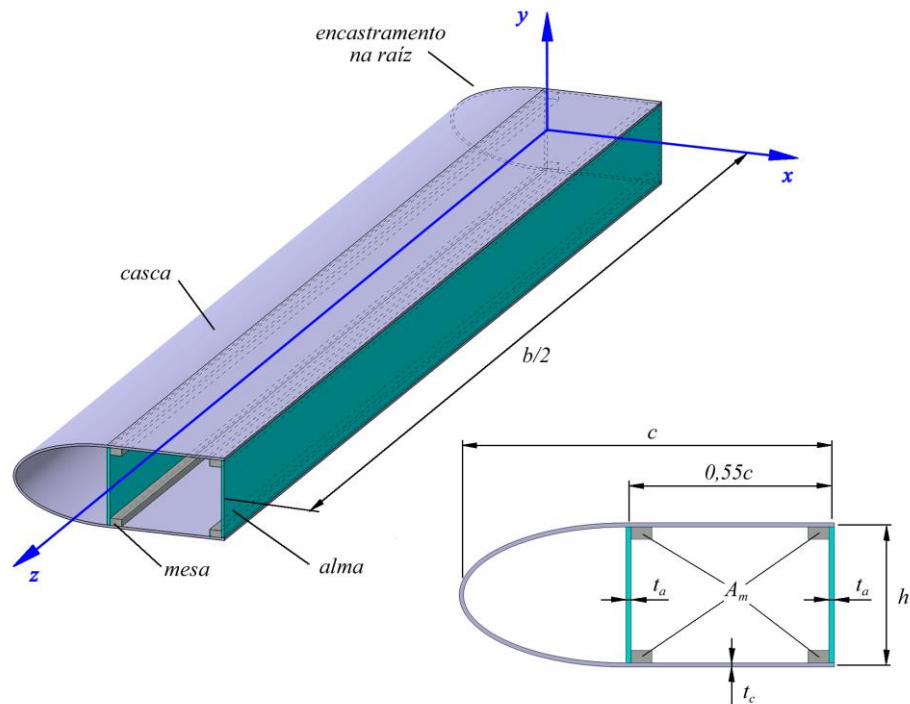


Figura 1 – Geometria da asa e parâmetros.

Tabela 3 – Grupos.

Grupo	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			