

Exercício 2 - Uma barra de um trem de aterrisagem de um avião sofre esforços de tração quando o avião pousa. Estima-se que essa carga atinja 177.920 N. Por ser uma peça de segurança o fator utilizado nesse caso é 4, ou seja, ela deve ser capaz de suportar cargas até 4x maiores que as esperadas. Devido à operação em si há a possibilidade do aparecimento de trincas superficiais e o equipamento de ensaio não-destrutivo pode detectar trincas maiores de 0,05 cm de tamanho. Com base nos materiais abaixo projete a barra do trem de pouso e selecione o material adequado justificando sua resposta.

Limite de Resistência e Dados de Mecânica da Fratura na Temperatura Ambiente

Material	Limite de Escoamento	K_{Ic}
	MPa	MPa \sqrt{m}
<i>Metais</i>		
Liga de Alumínio (7075-T651)	495	24
Liga de Alumínio (2024-T3)	345	44
Liga de Titânio (Ti-6Al-4V)	910	55
Aço 4340 revenido à 260 oC	1640	50.0
Aço 4340 revenido à 425 oC	1420	87.4
<i>Cerâmicos</i>		
Concrete	—	0.2–1.4
Soda-lime glass	—	0.7–0.8
Aluminum oxide	—	2.7–5.0
<i>Polímeros</i>		
Polystyrene (PS)	25.0–69.0	0.7–1.1
Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	53.8–73.1	0.7–1.6
Polycarbonate (PC)	62.1	2.2

Como o fator de segurança é 4 então a tensão a ser considerada deve ser de $4 \times 177920 \text{ N} = 711680 \text{ N}$

Como a trinca mínima a ser detectada é $0,05 \text{ cm} = 0,00005 \text{ m}$ então esse é o tamanho de trinca “a” a ser considerado no cálculo

Em resumo a barra deve ser capaz de aguentar uma força/carga de 711680 N e ao mesmo tempo suportar trincas de 0,05 cm. Serão 2 cálculos portanto, o da barra que aguentará 711680 N e o da barra que suportará um defeito de 0,05 cm sem quebrar. Escolheremos a barra que for maior.

Por exemplo, para o Aço 4340 revenido a 260 oC teremos:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma_{LE} = \frac{711680}{A} \Rightarrow 1640 = \frac{711680}{A}$$

$$A = 433,95 \text{ mm}^2$$

$$K_{IC} = \sigma \sqrt{\pi a} \Rightarrow K_{IC} = F/A \sqrt{\pi a} \Rightarrow 50 = 711680/A \sqrt{\pi \cdot 0,00005}$$

$$\Rightarrow A = 564,12 \text{ mm}^2$$

Consideramos portanto a barra com maior seção, que seria equivalente a um diâmetro de 23,75 mm ($A = \pi d^2/4$). Fazemos isso para os outros 4 metais e escolheremos aquele que for mais viável, tanto em dimensão como em custo.

Usando o mesmo raciocínio para o **Aço 4340 revenido a 425 °C (LE=1420; $K_{IC} = 87,4$)** teremos:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma_{LE} = \frac{711680}{A} \Rightarrow 1420 = \frac{711680}{A}$$

➡ A = 501,18 mm²

$$K_{IC} = \sigma\sqrt{\pi a} \Rightarrow K_{IC} = F/A\sqrt{\pi a} \Rightarrow 87,4 = 711680/A\sqrt{\pi \cdot 0,00005}$$

A = 322,72 mm²

Aluminio 7075 T651 (LE=495; $K_{IC} = 24$) teremos:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma_{LE} = \frac{711680}{A} \Rightarrow 495 = \frac{711680}{A}$$

➡ A = 1437,73 mm²

$$K_{IC} = \sigma\sqrt{\pi a} \Rightarrow K_{IC} = F/A\sqrt{\pi a} \Rightarrow 24 = 711680/A\sqrt{\pi \cdot 0,00005}$$

A = 1175,25 mm²

Aluminio 2024 T3 (LE=345; $K_{IC} = 44$) teremos:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma_{LE} = \frac{711680}{A} \Rightarrow 345 = \frac{711680}{A}$$

➡ A = 2062,84 mm²

$$K_{IC} = \sigma\sqrt{\pi a} \Rightarrow K_{IC} = F/A\sqrt{\pi a} \Rightarrow 44 = 711680/A\sqrt{\pi \cdot 0,00005}$$

A = 641,5 mm²

Titanio (Ti-6Al-4V) (LE=910; $K_{IC} = 55$) teremos:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma_{LE} = \frac{711680}{A} \Rightarrow 910 = \frac{711680}{A}$$

➡ A = 782,06 mm²

$$K_{IC} = \sigma\sqrt{\pi a} \Rightarrow K_{IC} = F/A\sqrt{\pi a} \Rightarrow 55 = 711680/A\sqrt{\pi \cdot 0,00005}$$

A = 512,84 mm²

Resumo

Material	Aço 4340 260 °C	Aço 4340 425 °C	Aluminio 7075 T651	Aluminio 2024 T3	Titanio (Ti-6Al-4V)
Barra (diâmetro, mm)	23,75	<u>22,4</u>	37,9	45,4	27,96

O problema não especifica nenhum limite dimensional mas, do ponto de vista tanto dimensional como econômico, o aço 4340 revenido à 425 °C, parece ser a escolha mais sensata uma vez que apresenta a menor seção e não é um material caro. As barras feitas em alumínio teriam uma dimensão maior, embora fossem mais leves e o Titânio teria uma seção próxima a dos aços porém é muito caro.