

ANÁLISE DA ESTRUTURA INTERNA DO MÓDULO DE EXPERIMENTOS DO SARA SUBORBITAL

XII INIC / VIII EPG - UNIVAP 2008

Vieira, D. G¹; Arantes Filho, A. C²; Loures, L. E. V.³

¹IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço/ASE- Divisão de Sistemas Espaciais, Praça Mar Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, CEP 12228-904, São José dos Campos – SP, Brasil, denisgvieira@yahoo.com.br

²IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço/ASE- Divisão de Sistemas Espaciais, Praça Mar Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, CEP 12228-904, São José dos Campos – SP, Brasil, artur_arantes@hotmail.com

³IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço/ASE- Divisão de Sistemas Espaciais, Praça Mar Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, CEP 12228-904, São José dos Campos – SP, Brasil, loures@iae.cta.br

Resumo- Este trabalho estabelece as análises estruturais geradas na estrutura interna do MEXP, composta por uma Base Reforçada, quatro Hastes, oito Reforços, dois Pratos onde serão apoiados os experimentos de microgravidade e o Fechamento, o qual reforça as Hastes, garantindo a integridade da estrutura de aceleração e momento, baseado no estudo de concepção. Foram elaborados três casos, nos quais foram aplicados carregamentos nos sentidos transversais e longitudinais (tração e compressão). Os carregamentos estáticos longitudinais foram aplicados na superfície superior do Prato de Experimento, tendo como objetivo maior distância entre o carregamento e o ponto de fixo (Base Reforçada) oferecendo assim maior momento possível na estrutura do MEXP.

Palavras-chave: SARA Suborbital, MEXP, VS40/V03, Análise Estrutural, Carregamento.

Área do Conhecimento: Engenharia Aeronáutica e Espaço.

Introdução

Para a realização de experimentos científicos e tecnológicos em ambiente de microgravidade vem sendo utilizado o mais diferente meio: torres de queda livre, aeronaves em vôo parabólico, foguete de sondagem e plataformas espaciais. Em função dos custos e do tempo disponível para condução dos experimentos cada um desses meios encontra sua aplicação.

É de concepção do Projeto SARA estabelecer o “*return-on-request*”, sendo inovador e realista para os usuários dos experimentos científicos e tecnológicos de pequeno porte, e para os propósitos e domínio tecnológico das instituições participantes. O SARA é definido como um satélite de pequenas dimensões, operando em órbita baixa, com capacidade de transportar experimentos científicos e/ou tecnológicos de microgravidade de pequeno porte que possam elucidar fenômenos que ocorrem no ambiente espacial na ausência aparente da atração gravitacional, sendo posteriormente conduzido a Terra, recuperado com amerrissagem na água a 100 km da cidade de Parnaíba (PI) e, reutilizado.

No desenvolvimento do sistema, os maiores desafios estão relacionados com:

- Dinâmica de reentrada na atmosfera terrestre;
- Especificação, desenvolvimento e projeto do sistema de proteção térmica;
- Modelagem da aerodinâmica de reentrada;
- Projeto do sistema de recuperação em solo.

O projeto SARA Suborbital consiste da utilização do veículo VS40/V03 como meio para ensaios em vôo suborbital da Plataforma Orbital Recuperável SARA.

Tem massa máxima de 350 kg e atuará em vôo simulando características similares com objetivo de validar cálculos e testar equipamentos e sub-sistemas.

Constitue-se de carenagem externa na forma de uma coifa estendida, comportando uma estrutura interna para recebimento de lastro, rede de serviços e um módulo de experimentação em ambiente de microgravidade ilustrado na Figura 1 a seguir.

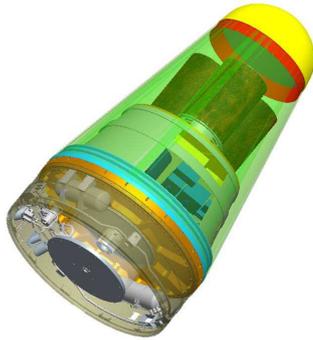


Figura 1 – Modelo do SARA Suborbital desenvolvido no Pro-E.

O conjunto VS40 / SARA Suborbital deverá ser lançado a partir do Centro de Lançamento de Alcântara. Com fins de redução de apoio logístico a trajetória de lançamento prevê alta elevação e baixo azimute, com separação do SARA Suborbital. O resgate será feito com a utilização de dois helicópteros, sendo um destinado ao resgate e o outro a observação, apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Trajetória do SARA Suborbital.

A Plataforma SARA Suborbital é subdividida em quatro subsistemas – o Subsistema Estrutural, o Subsistema de Redes Elétricas, o Subsistema de Recuperação e o Subsistema do Módulo de Experimentação (MEXP).

O MEXP consiste no subsistema de carga útil (*payload*) do SARA Suborbital. No MEXP se instalam os instrumentos e os experimentos científicos e tecnológicos a serem realizados durante o voo suborbital em ambiente de microgravidade.

Os estudos levaram a uma configuração que considera o módulo formado por um conjunto de cilindros de serviço e de câmaras de experimentação independentes. As câmaras de experimentação são assistidas pelos cilindros de serviço, de energia, de ventilação, computador de bordo, coleta de dados e demais acomodações. Isso atende um dos requisitos básicos do SARA Suborbital, que é a reutilização do módulo de

experimentação em diversas missões sucessivas, com apenas a reequipagem das baterias e outros instrumentos necessários em cada campanha. Isso também aumenta a confiabilidade e a segurança do conjunto.

Metodologia

O modelo do MEXP do SARA Suborbital foi elaborado através do Pro-Engineer (Pro-E), ferramenta de CAD utilizada para desenvolver desenhos em 3D, tornando possível importar os modelos criados para outros software para análise estrutural.[2]

O modelo gerado no Pro-E, obedeceu todas as dimensões proposta em engenharia de projeto do Módulo. Os desenhos do MEXP foram criados separadamente em partes, e posteriormente essas peças foram integradas em um conjunto formando apenas um dos cilindros, e finalizando com a integração dos 3 cilindros mais o prato básico.

O conjunto MEXP divide-se em Cilindro Externo, Flanges Superior e Inferior, Base Reforçada com os Conectores Herméticos, seguido de 3 Hastes Fixas (em vermelho) e 1 Haste Móvel (em verde), 2 Pratos de Experimentos, Fechamento e Reforços, ilustrado na Figura 3.



Figura 3 – Vista Explodida do modelo do Cilindro MEXP gerado no Pro-E.

[3] O objetivo desse trabalho foi a análise da estrutura interna do MEXP, composta por uma Base Reforçada, quatro Hastes, oito Reforços, dois Pratos onde serão apoiados os experimentos de microgravidade e o Fechamento, o qual reforça as Hastes.

Após a elaboração do modelo em 3D, o mesmo foi importado em arquivo sat para o Visual NASTRAN, software gráfico de elementos finitos gerador de malha em modelos 3D.

[2] Foi utilizado para a análise a malha Tetraedro para elemento de sólido, com um alto grau de refinamento nas localidades das furações e conexões, pois trata-se de regiões com grandes concentrações de tensões. Figura 4 contém um exemplo de malha gerada através do Visual NASTRAN.

[3] As condições de contorno foram aplicadas nas superfícies das furações da Base com restrições nos deslocamentos e rotações em X, Y e Z.



Figura 4: Malha gerada na estrutura interna do MEXP.

[1] O conjunto da Estrutura Interna é formado por Alumínio 7475-T651, com propriedades [1] demonstradas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Propriedades do Alumínio 7475-T651.

Densidade	2810 kg/m ³
Poisson	0,33
Tensão de Escoamento	510 MPa
Tensão Máxima Admissível	586 MPa
Módulo de Cisalhamento	27 GPa
Cisalhamento Máximo Admissível	350 MPa
Dureza (Vickers)	175
Módulo de Elasticidade	71,7 GPa

[4] Para gerar as condições no modelo matemático de elementos finitos do MEXP, foi necessário criar um “Input” gerado pelo VisualNastran, após a criação o modelo é exportado para o “solver” MSC/NASTRAN onde o software utiliza para resolução dos cálculos matrizes de rigidez e vetores (deslocamento e força) com base no modelo criado no VisualNastran. Esses resultados são importados pelo VisualNastran com o intuito de analisar graficamente e interpretar as tensões existentes no modelo. O objetivo é observar regiões onde estão sofrendo Tração e Compressão e diagnosticar possíveis Instabilidades Elásticas (Flexões), resultado de grande acúmulo de carregamento na geométrica estudada.

Resultados

Foram elaborados três casos, nos quais foram aplicados carregamentos nos sentidos transversais e longitudinais (tração e compressão). Os carregamentos estáticos longitudinais foram aplicados na superfície superior do Prato de Experimento, tendo como objetivo maior distância entre o carregamento e o ponto de fixo (Base Reforçada) oferecendo assim maior momento possível na estrutura do MEXP. [3]

No primeiro caso o modelo sofreu um carregamento estático longitudinal de compressão equivalente a 3000 N (Newtons), demonstrado na Figura 5 a seguir.



Figura 5 - Carregamento Longitudinal estático de compressão no MEXP.

O MSC NASTRAN gerou uma tensão máxima e mínima, e o módulo de cisalhamento do modelo. Os dados gerados estão representados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Dados gerados no carregamento estático longitudinal de compressão.

Tensão Máxima	279,598 MPa
Tensão Mínima	4,226 MPa
Módulo de Cisalhamento	0,155 GPa

No segundo caso o modelo sofreu um carregamento estático longitudinal de tração equivalente a 3000 N (Newtons), demonstrado na Figura 6 a seguir.



Figura 5 - Carregamento Longitudinal estático de Tração no MEXP.

O MSC NASTRAN gerou uma tensão máxima e mínima, e o módulo de cisalhamento do modelo. Os dados gerados estão representados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Dados gerados no carregamento estático longitudinal de compressão.

Tensão Máxima	279,598 MPa
Tensão Mínima	4,227 MPa
Módulo de Cisalhamento	0,155 GPa

No segundo caso o modelo sofreu um carregamento estático Transversal equivalente a 3000 N (Newtons), demonstrado na Figura 7 a seguir.



Figura 7 - Carregamento Transversal estático no MEXP.

O MSC NASTRAN gerou uma tensão máxima e mínima, e o módulo de cisalhamento do modelo. Os dados gerados estão representados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Dados gerados no carregamento estático longitudinal de compressão.

Tensão Máxima	496,893 MPa
Tensão Mínima	3,245 MPa
Módulo de Cisalhamento	1,738 MPa

Discussão

Os dados gerados no presente trabalho, demonstram que o MEXP sofre deformações consideráveis com aplicação do carregamento estático longitudinal, ou seja, as tensões atuantes no modelo são próximas da tensão de escoamento especificadas do material, garantindo a integridade da estrutura baseado no estudo de concepção.

No primeiro e segundo caso, com a aplicação do carregamento de compressão e tração, respectivamente, de 3000 N no sentido Longitudinal do modelo, percebe-se que a estrutura atinge sua tensão máxima de 279,598

MPa, resultado este inferior a tensão de escoamento do material.

Conclusão

Os resultados preliminares aqui descritos garantem a integridade da estrutura, suportando assim os níveis de aceleração impostas pelo ciclo de vida do SARA Suborbital.

As flexões apresentadas nas Hastes com aplicação do carregamento transversal, estão próximas do limite aceitável do projeto. A solução para a diminuição das flexões nas Hastes, é substituição por Hastes Cilíndricas.

Referências

- [1] MatWeb : Disponível em:
<http://www.matweb.com>
- [2] ROBERT D. COOK. Finite Element Modeling for Stress Analysis
- [3] Zienkiewicz, O. C. – The Finite Element Method (Sthed)
- [4] Jerrard A Joseph, Editor – Application Manual CDC (NOS/VE) Edition