

Propelente Micrograin (Zn / S)



Autor: Eng. José Miraglia



Fax : (011) 5061-1044
e-mail : miraglia@mandic.com.br
<http://www.foguete.br-hs.com>

Propelente Micrograin

Introdução

O propelente Micrograin é formado pela mistura de zinco e enxofre finamente pulverizados. Seu emprego como propelente para foguetes data de 1943, quando um clube americano, o Glendale Rocket Society, lançou um foguete a 50 metros de altura.

O Micrograin é um propelente seguro, de baixo custo, com uma longa história de êxitos.

Combustão

A energia para propulsão é proveniente da seguinte reação:



Esta reação é exotérmica liberando aproximadamente 44 Kcal/mol, este calor liberado vaporiza o sulfeto de zinco (ZnS) formado e eleva sua temperatura.

O sulfeto de zinco vaporizado é expelido pela tubeira e conseqüentemente gera a força propulsora, empuxo do motor.

Formulação do Propelente

A estequiometria da reação $\text{Zn} + \text{S} \rightarrow \text{ZnS}$, nos mostra que temos a necessidade de 1 mol de Zn mais 1 mol de enxofre para produzirmos 1 mol de ZnS. Ou seja:

$$1 \text{ mol Zn} = 65,38 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol S} = 32,07 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol ZnS} = 97,45 \text{ g}$$

As porcentagens mássicas de cada componente do propelente são:

$$\% \text{ Zn} = \frac{65,38}{97,45} \times 100 = 67\%$$

$$\% \text{ S} = \frac{32,07}{97,45} \times 100 = 33\%$$

Ou seja para produzirmos 100 gramas de propelente necessitamos 67 gramas de Zn e 33 gramas de enxofre.

Obs.: proporções de 80 % Zn e 20 % S são observadas e podem apresentar velocidades de queima maiores da ordem de 337 cm/s.



Termoquímica do Propelente

Com o auxílio do programa computacional para cálculos termoquímicos PEP versão 06/1988, programa este derivado do Nasa SP-273, obtivemos:

Dados iniciais:

Pressão de estagnação na câmara de combustão (P_c): 68 atm (1000 Psi)

Expansão ótima

% mássica de Zn: 67 %

% mássica de S: 33 %

Resultado:

Câmara de Combustão

Temperatura na câmara de combustão (T_c): 1778 K (1505 °C)

Razão dos Calores específicos (γ): 1,2573

Massa molecular média dos gases de combustão (M): 72,90 g/mol

Saída da Tubeira

Temperatura na câmara de combustão (T_c): 1132 K (859 °C)

Razão dos Calores específicos (γ): 1,2008

Massa molecular média dos gases de combustão (M): 72,95 g/mol

Escoamento Bifásico: 67,5 % de gás e 32,5 % de condensados

Expansão (68 atm para 1 atm)

Razão de Expansão (ϵ): 8,3;

Obs: a razão de expansão é a razão entre a área de saída da tubeira e a área da garganta.

Impulso Específico Ideal (I_{sp}): 98,2 s (ideal);

Impulso Específico Real (I_{sp}): 66,3 s (real);



Velocidade de Queima

A velocidade de queima do propelente Micrograin é uma função da densidade de compactação do mesmo, na literatura encontramos o seguinte valor:

228,6 cm/s para uma densidade de compactação de 2,58 g/cm³

Ignição

A ignição do propelente Micrograin é uma operação crítica, recomenda-se:

Ignitor - preparado com fio níquel-cromo, conectado a um fio de cobre (22 AWG), acondicionado no interior de um invólucro contendo pólvora negra.

Recomenda-se a utilização de ignição elétrica, proveniente de uma bateria de 12 volts.

Obs.: a quantidade de pólvora negra para ignição deve ser calculada conforme a pressão inicial desejada.

Especificação do Material

Zinco (Zn) - granulometria 260 - 300 mesh, 99 % puro

Enxofre (S) - granulometria 400 mesh, 99 % puro

Obs.: os componentes não devem apresentar traços de umidade.

Preparo da Mistura

1 - Os componentes devem ser peneirados numa peneira de malha 100 mesh, para retirada de qualquer grânulo ou aglomerado;

2 - Os componentes são pesados;

3 - Transfere-se os componentes do propelente para um frasco de boca larga com tampa, de material plástico ou de vidro, após sua vedação, este deve ser agitado manualmente por pelo menos 30 minutos;

4 - Após a mistura observa-se um propelente de coloração cinza, o qual está pronto para carregamento do motor;



Carregamento do Motor

Para o carregamento o motor deve estar limpo, isento de óleos ou graxas.

1 - Retira-se a tampa, deixa-se apenas o motor e tampa na posição vertical;

Obs.: se o motor tiver rosca estas devem ser protegidas com fita adesiva, para evitar incrustações.

2 - Com uma espátula ou colher de madeira derrama-se quantidades de propelente de aproximadamente 20 a 30 gramas no interior do tubo;

3 - Em seguida, com um pistão de madeira ou material plástico comprime-se vigorosamente o propelente no interior do tubo;

Obs.: nunca compactar o propelente com golpes, e sim suavemente. A compactação por golpes pode levar à explosão do motor;

4 - Repetimos as etapas 2 e 3 até o enchimento do motor observando-se sempre obter a densidade de compactação desejada, no caso $2,58 \text{ g/cm}^3$;

Normas de Segurança para Preparação e Compactação do Propelente

1 - Utilizar os seguintes EPI:

- Máscara contra pó;
- Óculos de Segurança;
- Luvas de Amianto;
- Avental Raspa de Couro;

2 - Nunca trabalhe sozinho;

3 - Preparação deve ser feita em local apropriado, laboratório químico;

4 - Não permitir pessoas fumando num raio de 20 metros do local;

5 - Mantenha um extintor de incêndio a água ou gás ao alcance;

6 - Após o carregamento do motor, lave bem as mãos, rosto, cabelos e limpe as vias respiratórias assoando bem o nariz;

7 - Qualquer sobra de propelente deve ser queimada ao ar livre, nunca estocar;



Obs.: Lembre-se que o zinco é um metal pesado e o enxofre é um material inflamável;

