

Richard Nakka's *Experimental Rocketry* Web Site

Traducido por José L. Sánchez

Technical Notepad #3

Nota 1

KN-Sorbitol 65/35 O/F ratio @ 1000 psia presión en cámara

Resultados de PROPEP, para 100 gramos de mezcla:

```
Potassium Nitrate - Sorbitol 65/35 O/F Ratio      Run using June 1988 Version of PEP,
Case 1 of 1      13 Nov 1999 at 1:25:47.1 pm

CODE                WEIGHT    D-H  DENS      COMPOSITION
 821 POTASSIUM NITRATE    65.000  -1169  0.07670    1N  30  1K
1094 SORBITOL            35.000  -1776  0.05310    6C 14H 60

THE PROPELLANT DENSITY IS 0.06638 LB/CU-IN OR 1.8373 GM/CC
THE TOTAL PROPELLANT WEIGHT IS 100.0000 GRAMS

NUMBER OF GRAM ATOMS OF EACH ELEMENT PRESENT IN INGREDIENTS

 2.689677 H      1.152719 C      0.642877 N      3.081349 O
 0.642877 K

*****CHAMBER RESULTS FOLLOW*****

T(K)  T(F)  P(ATM)  P(PST)  ENTHALPY  ENTROPY  CP/CV      GAS  RT/V
1600. 2421. 68.02  1000.00  -138.15  168.59  1.1362  2.509  27.114

SPECIFIC HEAT (MOLAR) OF GAS AND TOTAL= 10.300  14.720
NUMBER MOLS GAS AND CONDENSED= 2.5088  0.3157

 0.92723 H2O      0.47791 CO      0.41171 H2      0.35899 CO2
 0.32131 N2      0.31572 K2CO3*  0.01088 KHO      0.00040 K
1.92E-04 NH3      6.02E-05 K2H2O2  3.57E-05 CH4      6.72E-06 H
5.69E-06 KCN      4.14E-06 CH2O    3.72E-06 CNH      3.34E-06 KH
1.00E-06 NO2

THE MOLECULAR WEIGHT OF THE MIXTURE IS 35.404

*****PERFORMANCE: FROZEN ON FIRST LINE, SHIFTING ON SECOND LINE*****

IMPULSE  IS EX      T*      P*      C*      ISP*  OPT-EX  D-ISP      A*M  EX-T
 151.3  1.1418  1494.  39.19  2971.3  114.8  10.01  277.9  0.09237  948.
 153.3  1.1120  1517.  39.60  3034.3  114.8  10.49  281.7  0.09433  1033.
```

El Peso Molecular eficaz se obtiene dividiendo la masa de sistema entre el número de moléculas de GAS. Dado que la masa de sistema es 100 gramos:

$$MW(\text{effective}) = \frac{100}{2.5088} = 39.86 \text{ Moléculas/gr.}$$

Tenga en cuenta que este es el Peso Molecular apropiado para uso en las ecuaciones termodinámicas.

La fracción de masa de fase condensada es dada por la masa de fase condensada (K_2CO_3) dividido por la masa de sistema

$$X = \frac{0.3157 (138.21)}{100} = 0.436$$

El MW (peso molecular) del $K_2CO_3 = 138.21$ g/molécula, así:

Nota 2

KN-sorbitol 65/35 O/F ratio @ 1000 psia presión de cámara

Las fracciones moleculares y fracciones de masas para cada producto de combustión son calculadas en la tabla inferior:

	MW (g/mol)	Number of moles	Mole fraction	System mass (g)	Mass fraction
CO	28.01	0.478	0.1692	13.386	0.1339
H2	2.02	0.412	0.1458	0.832	0.0083
KH	40.11	0.000	0.0000	0.000	0.0000
N2	28.02	0.321	0.1138	9.003	0.0900
CO2	44.01	0.359	0.1271	15.799	0.1580
H2O	18.02	0.927	0.3283	16.709	0.1671
KOH	56.11	0.011	0.0039	0.610	0.0061
OH	17.01	0.000	0.0000	0.000	0.0000
H	1.01	0.000	0.0000	0.000	0.0000
K	39.1	0.000	0.0001	0.016	0.0002
K2O2H2	112.22	0.000	0.0001	0.017	0.0002
K2CO3(L)	138.21	0.316	0.1118	43.636	0.4363
total moles:		2.824	1.000	100.01	1.000
gas moles:		2.509	0.8882	56.372	0.5637
condensed phase moles:		0.316	0.1118	43.636	0.4363

Specific Heat of solid (Cs) and gas (Cp) at constant pressure													
Temp	Cs		Cp							k	k'	k	
	K ₂ CO ₃	KOH	CO	CO ₂	H ₂	H ₂ O	N ₂	Gas only	Mixture				mixture
K	Ref. JANAF	Ref. NIST	Ref. JANAF										
300	114.70		29.14	37.221	28.849	33.60	29.125	31.77	46.21	1.2194	1.3545	1.0741	
400	128.14		29.34	41.325	29.181	34.26	29.249	32.71	48.84	1.2052	1.3408	1.0673	
500	140.05		29.75	44.627	29.26	35.23	29.58	33.67	51.30	1.1934	1.3279	1.0622	
600	150.67		30.44	47.321	29.327	36.33	30.11	34.68	53.64	1.1834	1.3154	1.0582	
700	160.48		31.17	49.564	29.441	37.50	30.754	35.67	55.87	1.1748	1.3039	1.0549	
800	170.04		31.90	51.434	29.624	38.72	31.433	36.65	58.05	1.1672	1.2935	1.0520	
900	179.52		32.58	52.999	29.881	39.99	32.09	37.59	60.19	1.1603	1.2840	1.0494	
1000	100.95		33.10	54.300	30.205	41.27	32.697	38.50	62.29	1.1540	1.2754	1.0471	
1100	198.32		33.71	55.409	30.581	42.54	33.241	39.36	64.32	1.1484	1.2678	1.0451	
1200	205.26		34.18	56.342	30.992	43.77	33.723	40.17	66.00	1.1441	1.2610	1.0436	
1300	209.20		34.57	57.137	31.423	44.95	34.147	40.92	67.25	1.1411	1.2550	1.0427	
1400	209.20		34.92	57.802	31.861	46.05	34.518	41.61	67.94	1.1394	1.2497	1.0426	
1500	209.20		35.22	58.379	32.298	47.09	34.843	42.24	68.58	1.1380	1.2451	1.0425	
1600	209.20	57.5	35.48	58.886	32.725	48.05	35.128	43.08	69.41	1.1361	1.2392	1.0423	
1700	209.20	57.8	35.71	59.317	32.139	48.94	35.378	43.45	69.78	1.1353	1.2367	1.0422	
1800	209.20	58.1	35.91	59.701	33.537	49.75	35.6	44.10	70.43	1.1338	1.2323	1.0421	
1900	209.20	58.4	36.09	60.049	33.917	50.50	35.796	44.55	70.88	1.1329	1.2295	1.0420	
2000	209.20	58.7	36.25	60.35	34.28	51.18	35.971	44.96	71.29	1.1320	1.2269	1.0419	
2100	209.20	58.9	36.39	60.622	34.624	51.82	36.126	45.34	71.67	1.1312	1.2246	1.0418	
2200	209.20	59.1	36.52	60.865	34.952	52.41	36.268	45.69	72.02	1.1305	1.2225	1.0417	
2300	209.20		36.64	61.086	35.263	52.95	36.395	45.75	72.09	1.1304	1.2221	1.0417	
2400	209.20		36.72	61.287	35.559	53.44	36.511	45.97	72.30	1.1299	1.2208	1.0417	
2500	209.20		36.84	61.471	35.842	53.90	36.616	46.32	72.66	1.1292	1.2188	1.0416	

Note: Units of Cp and Cs are J/mol-K

Los valores para Cp y Cs han sido tomados del JANAF Thermochemical Tables and NIST Chemistry WebBook.

Note que la gama destacada (amarillo) es aplicable para los valores en 1600 K, la temperatura de combustión de cámara bajo consideración.

El Cp es sólo para el gas y productos de mezcla (gas+condensación)

$$C_{p_{\text{gas}}} = \frac{1}{n} \sum_i n_i C_{p_i}$$

$$C_{p_{\text{mix}}} = \frac{1}{n} \sum_i (n_i C_{p_i} + n_s C_s)$$

donde n_i es el número de moléculas del componente de gas i , n_s es el número de moléculas del componente condensado, n el número total de moléculas de gas. El ratio específico de calor para la mezcla sólo gas y para el flujo de dos fases es dado por:

$$k_{mix} = \frac{Cp_{mix}}{Cp_{mix} - \bar{R}} \quad \text{donde } \bar{R} = 8.314 \text{ J/mol-K (universal gas constant).}$$

$$k'_{(gas)} = \frac{Cp_{gas}}{Cp_{gas} - \bar{R}}$$

$$k_{2ph} = k' \left[\frac{1 + \psi \frac{Cs}{Cp_{gas}}}{1 + k' \psi \frac{Cs}{Cp_{gas}}} \right]$$

donde $\psi = X/(1-X)$.

Vea que k para el flujo de dos fases (gas+condensación) es una forma modificada de la k únicamente de gas '. Esto es la forma correcta de k para usar en las ecuaciones termodinámicas que implican productos con una fracción significativa de partículas de condensación-fase. El valor de k dado PROPEP en la salida (Cp/Cv) es para la mezcla.

Nota 3

La característica de velocidad de los gases de combustión es dada por:

$$c^* = \sqrt{\frac{\bar{R} T_0}{M k} \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

con

$T_0 = 1600\text{K}$

$M = 39.86 \text{ kg/kmolecula}$

$k = 1.042$

$\bar{R} = 8314 \text{ J/kmol-K}$

esto da $c^* = 938 \text{ m/s (3076 ft/s)}$.

Nota 4

El impulso específico del propelente es dado por la velocidad efectiva de los gases de combustión dividida por g .

$$I_{sp} = \frac{c}{g} = \frac{1}{g} \sqrt{\frac{2k}{(k-1)} \frac{\bar{R} T_0}{M} \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

Así, $I_{sp} = 164 \text{ seg.}$

para las condiciones estándar $P_0 = 68 \text{ atm. (1000 psia)}$ y $P_e = 1 \text{ atm.}$, y $g = 9.806 \text{ m/s}$

(La máxima teórica, asume el equilibrio congelado, y ningún retraso de velocidad de partícula o el demora termal).

Ultima actualización Noviembre 13, 1999