

EL ENFRIAMIENTO VORTEX

TUBOS RANQUE - HILSCH

E. TORRELLA

Principio básico



- Una corriente de gas penetra en el dispositivo a través de una tobera tangencial, esto produce un primer enfriamiento debido a que existe un cambio de energía de presión a cinética.
- En el interior del tubo "vortex" se produce una variación de velocidad angular, desde valores bajos en la zona periférica a altos en la central. La fricción entre ambas zonas tiende a igualar la velocidad angular, por lo que la zona central pierde energía cinética y se enfría, mientras que la periférica la gana y se calienta.

E. TORRELLA Pag. 2

James Clerk Maxwell (1831-1879)

- Esta criatura imaginaria se debe al matemático James Clerk Maxwell (1831-1879), pretendiendo contradecir la segunda ley de la Termodinámica.
- Supongamos un recipiente con un gas a una temperatura dada, a esta le corresponde una velocidad media de las moléculas, pero algunas de ellas irán más deprisa que otras. El demonio se encuentra en una abertura central, permitiendo a las moléculas rápidas pasar a un lado y manteniendo las lentas en el otro. Con esto, se logra un lado del recipiente caliente y el otro frío, con lo que se puede disponer un motor que aproveche el intercambio térmico entre las zonas.
- Esta elucubración teórica parece conseguirse en el tubo vortex.




E. TORRELLA Pag. 3

Los precursores

- El tubo vortex se inventó, casi por accidente, en 1928, por Georges Joseph Ranque, un estudiante francés de física durante una experimentación con una bomba de vortex, al notar que salía aire frío por un extremo y caliente por otro. Ranque puso en marcha una compañía para explotar, sin éxito, su potencial comercial. A él se debe el trabajo "Experiments on Expansion in a Vortex with Simultaneous Exhaust of Hot and Cold Air" publicado en Le Journal De Physique, et le Radium (Paris), vol 4, June 1933, pp 1125-1130. También la patente US 1952281.
- Durante la segunda guerra mundial, el ejército alemán descubrió, en la Francia ocupada, algunos de los primeros modelos experimentales, lo que sirvió de base al físico Rudolf Hilsch que continuó su desarrollo, dando lugar a un equipo denominado Wirbelröhre (literalmente, tubo vortex). Suyo es el trabajo "The Use of the Expansion of Gases in A Centrifugal Field as Cooling Process" publicado en The Review of Scientific Instruments, vol. 18(2), 108-1113, (1947).
- Los trabajos en este sistema no prosperaron por tener eficiencias menores a los del sistema convencional por compresión de vapor.

E. TORRELLA Pag. 4

Consideraciones teóricas

$$\left[\frac{1-\epsilon x}{1-\epsilon} \right] \geq \left[\frac{p_1}{p_2} \right]^{1/\gamma}$$

- La mínima temperatura " T_f " se obtiene para un proceso reversible ($\Delta s = 0$). Para tasa de compresión de 10, fracción fría " ϵ " de 0,3 y " γ " de "7/5" (relación de calores específicos para un gas diatómico), se tiene:

$$x^{0,3} (1 - 0,3 x)^{0,7} = 0,404$$

- Cuya solución es $x = 0,05$; por lo que con una temperatura de entrada de 20°C (293 K) podría obtenerse temperaturas de -258,4°C (14,7 K), muy inferior a los -30°C que realmente se obtienen como valor mínimo.

E. TORRELLA

Pag. 9

Tubo Vortex. Ensayos

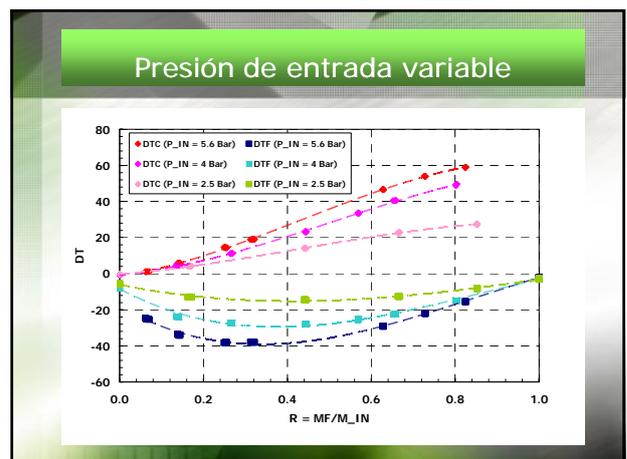
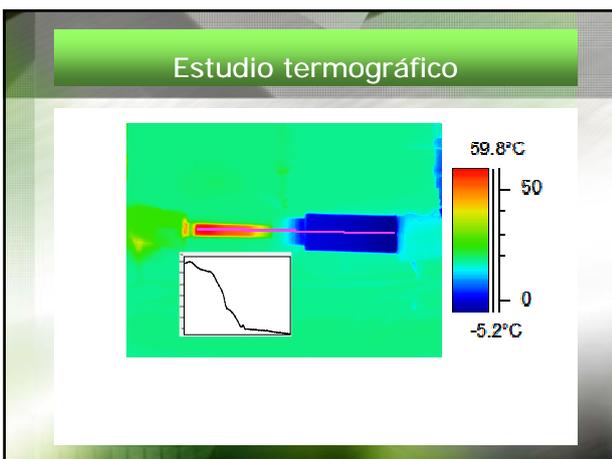
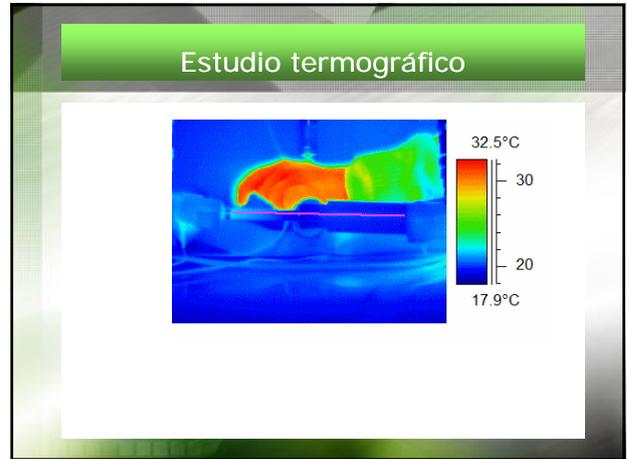


Instalación de ensayo

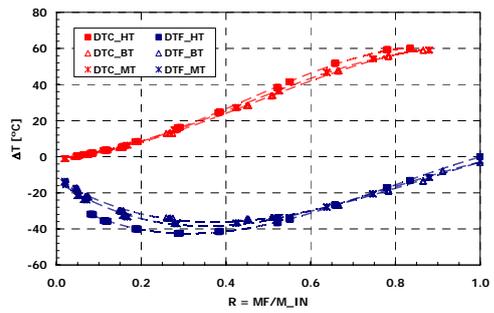


Sensores instalados

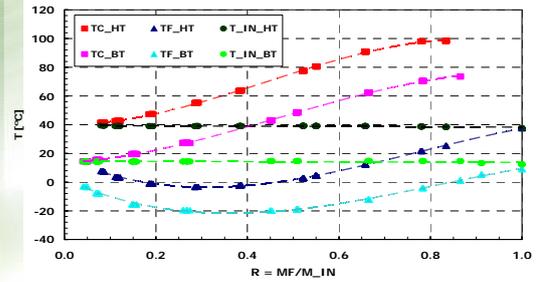




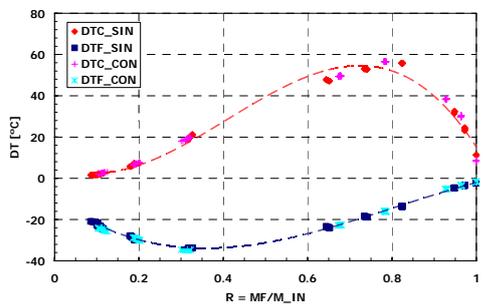
Temperatura de entrada variable



Temperatura de entrada variable



Efecto del aislamiento



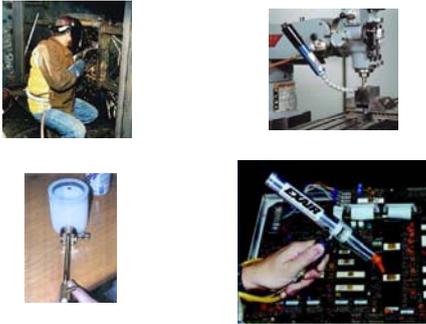
Tubos Vortex



E. TORRELLA

Pag. 20

Aplicaciones "abiertas"



E. TORRELLA

Pag. 21

Regulación

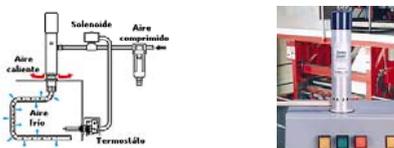
- El flujo de aire frío y su temperatura se controlan fácilmente mediante ajuste de una válvula en la salida de aire caliente. Abriendo esta válvula se reduce el flujo de aire frío y su temperatura. Cerrando la válvula se incrementa el flujo de aire caliente y la temperatura del frío. Controlar un tubo de vortex es fácil, basta con la inserción de un termostato en la salida del aire frío y que actúe sobre la válvula de control de la salida del aire caliente.



E. TORRELLA

Pag. 22

Enfriamiento de pequeños recintos



E. TORRELLA

Pag. 23

Consideraciones de servicio

- La utilización de aire limpio es imprescindible. Por ello se recomienda una filtración de 25 micrones o inferior.
- Las presiones de alimentación se encuentran en el rango de 5,5 a 7,6 Bar. Los límites oscilan desde un máximo de 17,2 y un mínimo de 1,4 Bar.
- No precisa silenciadores de ruido en el lado frío, puede ser conveniente en el caliente.
- El funcionamiento de los tubos de vortex se deteriora con caída de la presión en la salida del aire caliente.

E. TORRELLA

Pag. 24

Valores de catálogo (Frigid-X™)

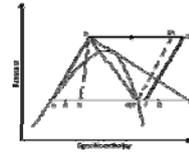
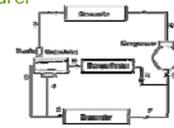
Pressure Supply PSIG (BAR)	Temperature drop of cold air, °F (°C) in Blue		Cold Fraction %				Temperature rise of hot air, °F (°C) in Red	
	20	30	50	60	70	80		
20 (1.4)	62 (24)	60 (23)	56 (31)	51 (28)	44 (24)	26 (20)	28 (16)	
40 (2.8)	15 (8)	16 (14)	16 (20)	16 (28)	14 (24)	13 (44)	107 (69)	
60 (4.1)	88 (48)	85 (46)	80 (42)	73 (39)	63 (34)	52 (28)	38 (20)	
80 (5.5)	21 (11)	25 (18)	32 (28)	31 (28)	32 (50)	117 (62)	147 (80)	
100 (6.9)	104 (57)	100 (55)	93 (51)	84 (49)	72 (40)	40 (23)	48 (25)	
120 (8.4)	24 (14)	40 (22)	59 (33)	60 (44)	104 (57)	132 (73)	166 (92)	
	116 (63)	110 (62)	102 (56)	92 (51)	80 (45)	66 (36)	60 (32)	
	25 (14)	43 (24)	63 (35)	66 (47)	112 (62)	143 (80)	180 (100)	
	122 (68)	118 (65)	110 (61)	100 (55)	86 (48)	71 (39)	64 (30)	
	26 (14)	45 (25)	67 (37)	60 (50)	119 (66)	151 (84)	191 (106)	
	129 (72)	124 (69)	116 (64)	104 (58)	91 (50)	74 (41)	66 (31)	
	26 (14)	48 (26)	69 (38)	64 (52)	123 (68)	156 (86)	195 (108)	

E. TORRELLA

Pag. 25

Utilización con CO₂

Maurer



Keller

